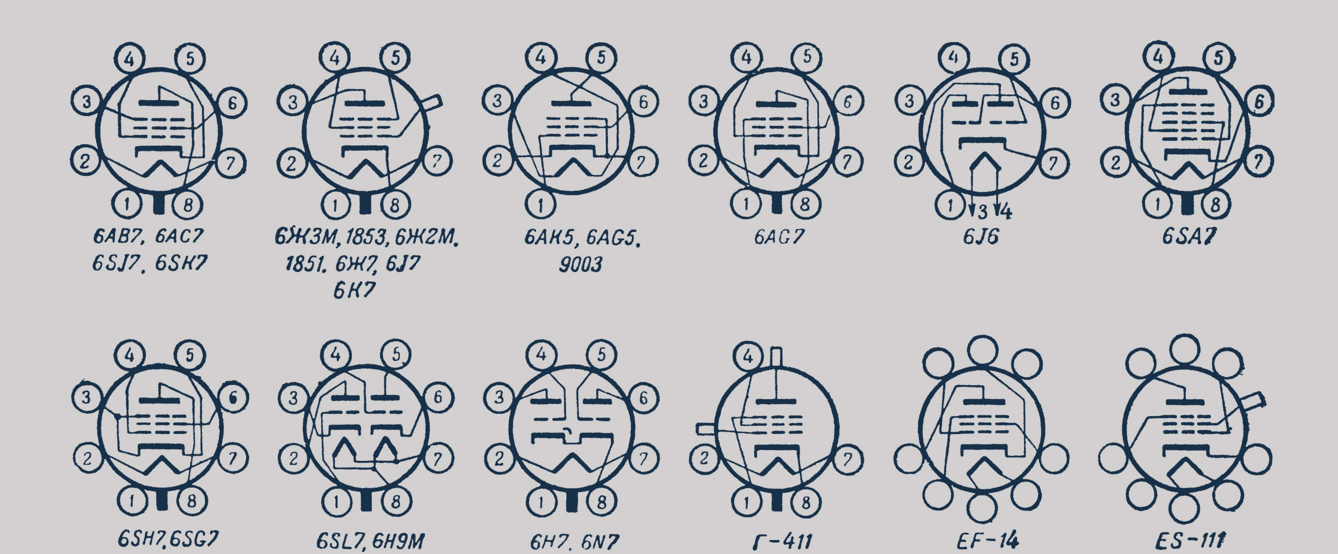
МАССОВАЯ РАДИО-БИБЛИОТЕКА

Я. КЛОПОВ

ПУТЬ В ТЕЛЕВИДЕНИЕ



ГОСЭНЕРГОИЗДАТ



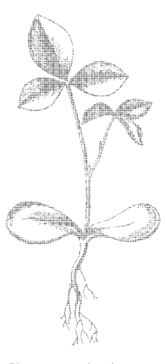
6AB7, 6AC7
6SJ7, 6SK7
6Ж3М, 1853, 6Ж2М,
1851, 6Ж7, 6J7
6K7
6AK5, 6AG5,
9003
6AG7
6J6
6SA7
6SH7, 6SG7
6SL7, 6H9M
6SN7, 6H8M
6H7, 6N7
Г-411
EF-14
ES-111

МАССОВАЯ РАДИО БИБЛИОТЕКА
ПОД ОБЩЕЙ РЕДАКЦИЕЙ АКАДЕМИКА А. И. БЕРГА

Выпуск 21

А. Я. КЛОПОВ

ПУТЬ В ТЕЛЕВИДЕНИЕ





ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА 1949 ЛЕНИНГРАД

В книге излагаются в виде 10 бесед с читателями физические основы современной техники телевизионного вещания. Беседы сопровождаются соответствующими рисунками и схемами отдельных узлов как современных телевизионных передатчиков, так и приемников. В заключительной беседе автор производит разбор полной схемы телевизионного приемника К-12.

Книга предназначена не только для радиолюбителей, но и вообще для лиц, желающих понять эту интересную область современной радиотехники.

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ

Телевидение — одно из чудеснейших достижений современной радиотехники. Если техника звукозаписи заставила заговорить кино, то техника телевидения сделала видимым радио. Концертные залы, залы театров, стадионы раскрывают свои стены для миллионной аудитории не только для слуха, но и для глаза.

Возможности, заключенные в этой области техники, должны быть использованы как можно шире, как можно более полно они должны быть поставлены на службу трудящимся Советского Союза, и не только потому, что техника и промышленность социалистического государства создали для этого все необходимое, но и потому, что наша страна является родиной современного телевидения.

Передача звука и изображения на любое расстояние без проводов стала принципиально возможной только после гениального открытия А. С. Попова. Телевидение стало реальностью только после того, как перешло с механического пути на путь электронный, когда инертные и малоподвижные механические системы коммутации заменил практически безинерционный электронный луч. Этот путь был впервые указан русским профессором Б. Л. Розингом еще в 1907 г. и им же спустя четыре года было получено первое простейшее электронное изображение.

В основе всех телевизионных передающих устройств лежит явление так называемого внешнего фотоэффекта, заключающееся в вырывании светом электронов из поверхности металла. Важнейшие законы, которым подчиняется это явление, и основные условия, при которых оно может быть практически использовано, установлены еще в прошлом веке русским ученым А. Г. Столетовым. Им же был построен и первый фотоэлемент.

Высококачественное телевидение было бы невозможным без использования так называемого эффекта накопления фотоэлектрических зарядов, при котором накапливание сигнала длится большое время, а расходование происходит быстро, что

позволяет от малого света получить большой электрический сигнал. Честь открытия этого эффекта принадлежит Б. Л. Розингу, практическое же использование его для целей телевидения — профессору С. И. Катаеву.

С. И. Катаев в 1932 г. впервые предложил новый принцип построения передающих трубок, дальнейшее развитие которого П. В. Шмаковым и П. В. Тимофеевым позволило создать телевизионный передатчик значительно более высокой чувствительности.

Как на пионеров дальнейшего развития телевизионной техники можно указать на Н. В. Кузнецова и Н. М. Гопштейна, на П. В. Брауде и ряд других, опередивших заграничных инженеров в создании новых образцов телевизионных систем, на Л. А. Кубецкого и С. А. Векшинского, вторично-электронные умножители которых являются важнейшим элементом в наиболее современной передающей трубке — ортиконе, и на целый ряд других ученых и изобретателей, обеспечивших своей работой телевизионной технике ее современное состояние.

Кроме чисто специально технических открытий и изобретений, предопределивших и направивших телевизионную технику, необходимо указать на то, что практическое ее развитие и практическое применение не было бы возможным без всемирно известных работ С. А. Введенского и А. Г. Аренберга по распространению ультракоротких волн, без исследований А. А. Андронова и С. Э. Хайкина и др. по теории нелинейных колебаний, необходимых для поведения многих основных цепей телевизионной системы, и ряда других работ советских ученых.

Этот, далеко не полный, перечень заслуг русских и советских ученых и изобретателей показывает, что наша страна по праву является родиной телевидения. Только в нашей стране осуществлена наиболее совершенная система телевизионного вещания, дающая самое высокое качество изображения в мире.

Возможности телевизионной техники могут быть использованы в полной их мере только в том случае, если они станут достоянием самых широких масс, когда телевидение войдет в повседневный быт, в нашу повседневную жизнь. Осуществление этого — задача не только специалистов радиотехников, но и широких кругов радиолюбителей, для изобретательской мысли которых телевидение открывает неограниченные просторы. Помочь радиолюбителям сделать первый свой шаг на этом пути, на «пути в телевидение» и является скромной задачей этой небольшой книги.

БЕСЕДА ПЕРВАЯ

В ЧЕМ РАЗЛИЧИЕ МЕЖДУ ПЕРЕДАЧЕЙ ПО РАДИО ЗВУКА И ПЕРЕДАЧЕЙ ИЗОБРАЖЕНИЯ

Вы говорите, что хотели бы познакомиться с основами телевизионной техники? Хорошо, я расскажу Вам о них.

Вам, как радиолюбителю, известно, каким способом осуществляется звуковая радиопередача. Напомню Вам об этом в двух словах. Колебания воздуха, вызванные передаваемым звуком, с помощью микрофона превращаются в колебания электрического тока или напряжения. Этими колебаниями модулируется несущая частота передатчика. Энергия модулированной несущей частоты, излученная передающей антенной, воспринимается антенной приемника. После соответствующего усиления принятый сигнал детектируется и из него выделяются колебания звуковой частоты, которые с помощью громкоговорителя («динамика») вновь превращаются в звуковые колебания, т. е. в звук. Такая операция возможна потому, что любые звуковые колебания воздуха оказывают на барабанную перепонку уха или мембрану микрофона в каждый данный момент только одно определенное давление. В следующий момент это давление будет уже другим, но опять только одним Никогда не бывает так, чтобы один и тот же звук вызывал одновременно два разных давления. Если же звук вызывает одновременно два разных давления, то на ухо или микрофон действуют одновременно два или несколько разных звуков, и их давления складываются. Так, в оркестре мы слышим звучание всех инструментов одновременно, а не каждого отдельно. В противном случае мы слушали бы каждую партию порознь и не получали бы цельного впечатления.

Точно так же в одной и той же электрической цепи в любой данный момент может проходить ток только одной какой-то определенной величины. Не может быть так, чтобы в один и тот же момент в цепи проходило два или несколько разных

токов: эти токи сложатся и мы получим суммарный ток. То же можно сказать и о напряжении. В один и тот же момент мы никогда не можем намерить на одних и тех же зажимах два разных напряжения: они сложатся и мы измерим их сумму. Повторяю, что в следующее мгновение эти ток или напряжение могут быть уже совсем другими, но в данный момент в цепи будет только один определенный ток или одно определенное напряжение.

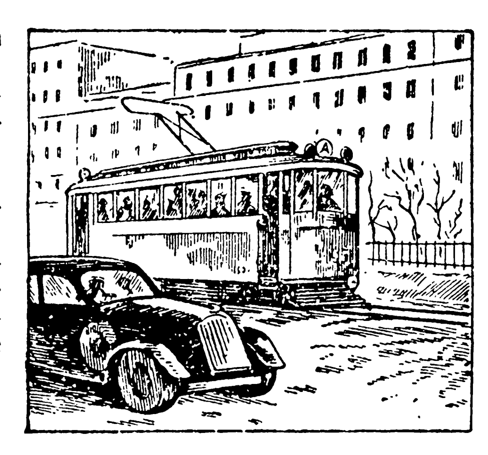
Вы видите, что и звуковые колебания воздуха и электрический ток или напряжение обладают одним общим свойством, которое позволяет получить от любого сложного звука в каждое мгновение один и только один определенной величины электрический ток. Этот ток будет меняться по мере изменения звукового давления, но никогда от одного и того же звука не получится два разных тока в одно и то же время. При обратном превращении электрических колебаний в звуковые колебания воздуха это свойство сохраняется и не может быть так, что от одного и того же электрического сигнала в один и тот же момент получилось два разных звуковых давления.

Итак, при передаче по радио звука мы преобразуем в электрический сигнал колебания воздушной среды и от одного звукового колебания получим всегда только один электрический сигнал, который можем преобразовать только в один такой же звук (мы считаем, что во всем тракте передачи нет никаких искажений).

Перейдем теперь к изображению.

Что физически означает «видеть» тот или иной предмет? Вы знаете, что мы видим вещи, предметы только в том случае, если они освещены В полной темноте мы ничего не видим. Процесс «видения» предмета состоит в том, что часть падающего на этот предмет света отражается от него и, попадая на сетчатку нашего глаза, вызывает в нем зрительное ощущение. Если предмет отражает малую часть падающего на него света, мы видим предмет темным. Если предмет отражает много света, мы видим его светлым. Далее, как Вы должны помнить еще из школьного курса физики, белый свет состоит из семи различных цветов. Если предмет отражает все эти цвета одинаково, мы видим его белым. Если же цвета отражаются предметом по-разному, то мы видим его окрашенным в тот или иной цвет, в зависимости от того, какие цвета как отразились. Точно так же на нарисованном или сфотографированном изображении предмета места, от которых отражается много света, выглядят светлыми. Те же

места, от которых света отражается мало,—темными. Для того, чтобы передать какое-либо изображение по радио, нам придется превратить этот отраженный свет в электрический сигнал и затем в приемнике сделать обратное преобразование электрического сигнала в соответствующее свечение экрана.



Фиг. 1. Посмотрите на этот рисунок с только что рассмотренной точки зрения.

Как это можно сделать?

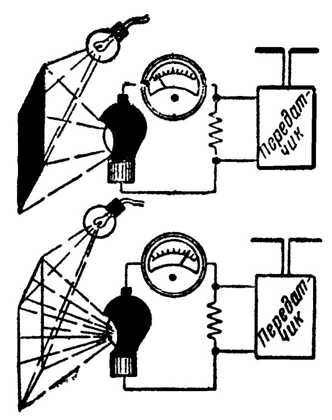
Посмотрите на этот рисунок (фиг. 1) с только что рассмотренной точки зрения. На ней бесконечное разнообразие темных и светлых мест, постепенные и резкие переходы от одних к другим. Все их мы видим одновременно, но каждое отдельно. Глаз не объединяет их, как это делает ухо с различными одновременно слышимыми звуками. При таком объединении вместо картинки получилось бы одноцветное пятно. Это значит, что нельзя объединять их и при передаче по радио. Кроме того, каждую светлую или темную часть картинки мы видим не только отдельно, но и на определенном месте. Следовательно, при передаче их также нужно сохранить на своих местах.

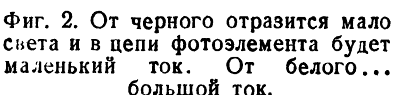
Итак, при передаче по радио изображений в электрический сигнал преобразуется свет, при этом одновременно нужно передать много различных сигналов, не смешивая и не путая их между собой. В этом последнем требовании заключается и основное отличие радиопередачи изображения от радиопередачи звука и основная трудность осуществления такой передачи.

БЕСЕДА ВТОРАЯ

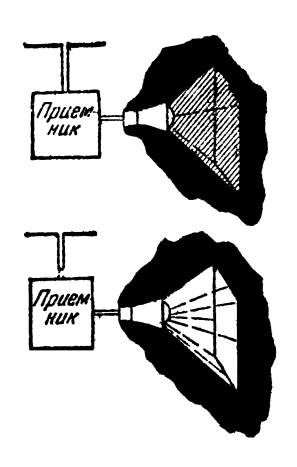
КАКИМ СПОСОБОМ ПЕРЕДАЕТСЯ ИЗОБРАЖЕНИЕ

Для превращения света в электрический сигнал техника предоставила в наше распоряжение особый прибор. Этот прибор, называемый фотоэлементом, обладает тем свой-





Фиг. 2. От черного отразится мало света и в цепи фотоэлемента будет маленький ток. От белого... большой ток.

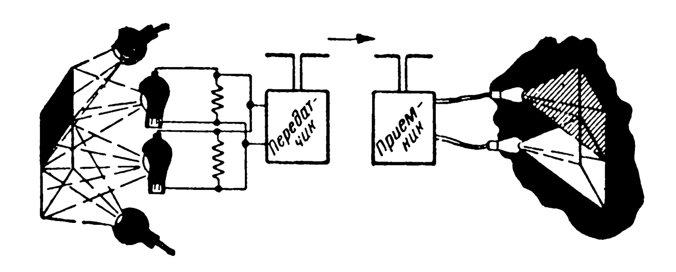


Фиг. 3. От маленького сигнала... экран темный. От большого сигнала... экран светлый.

ством, что если включить его в замкнутую электрическую цепь и затем освещать, то под действием света в цепи появляется электрический ток и тем больший, чем больше света падает на фотоэлемент.

Воспользуемся фотоэлементом как «световым микрофоном» и будем искать способы одновременной раздельной передачи большого числа разных сигналов. При этом нам придется ознакомиться с рядом специальных устройств, рассмотреть много новых схем и использовать средства и приемы, неизвестные в технике радиопередачи звука. Чтобы сделать все это понятным, будем решать задачу постепенно. Вам придется терпеливо и внимательно следить за работой ряда «устройств», которые нам по ходу рассказа окажется необходимым применить, и не смущаться тем, что большинство из них, с точки зрения практического осуществления, могут показаться невыполнимыми.

Возьмем два простейших «изображения»: одно—чисто черное и другое—чисто белое. Пусть это будет два листа бумаги, черный и белый. Осветим их и направим отраженный от них свет на фотоэлемент (фиг. 2). От черного места отразится мало света и в цепи фотоэлемента мы получим совсем маленький ток. От белого места света отразится значительно больше и в цепи пройдет большой ток. Поступим теперь с



Фиг. 4. При такой системе принятая „картинка" будет такой же, как и передаваемая.

этим током так же, как поступают при передаче звука с током, полученным от микрофона, т. е. превратим его в соответствующей величины электрическое напряжение, промодулируем им передатчик, подадим полученную энергию в антенну, которая излучит ее в пространство, и примем ее на приемник. Предположим, что в приемнике имеется специальный «световой динамик». Пусть для начала это будет простая электрическая лампочка, освещающая какой-то экран. От маленького сигнала, соответствующего току от черного листа, лампочка накалится слабо и освещаемый ею экран будет казаться темным. От большого сигнала, вызванного светлым листом, лампочка загорится ярко и экран будет казаться светлым (фиг. 3). Если считать наши одноцветные листы бумаги «изображением», то такое изображение мы передали довольно просто.

Разделим нашу «картинку» на две части и сделаем одну из них черной, а другую белой. Ток в цепи фотоэлемента, вызванный светом, отраженным от такой картинки, будет больше, чем от чисто черной, и меньше, чем от чисто белой картинок. Если обе половинки одинаковы по величине, то полученный ток будет равен половине суммы токов, вызванных предыдущими одноцветными «картинками». Получив этот ток от приемника, наш «световой динамик» окажется не в состоянии разделить его на два разных тока: на ток от темной части и на ток от светлой части, и расположить полученный от них свет по своим местам, а решит задачу просто — осветит экран каким-то средним, промежуточным, светом и принятое «изображение» окажется непохожим на переданное.

Возьмем два фотоэлемента и направим на один из них свет, отраженный только от светлой части, и на другой—свет, отраженный только от темной части (фиг. 4). В приемнике

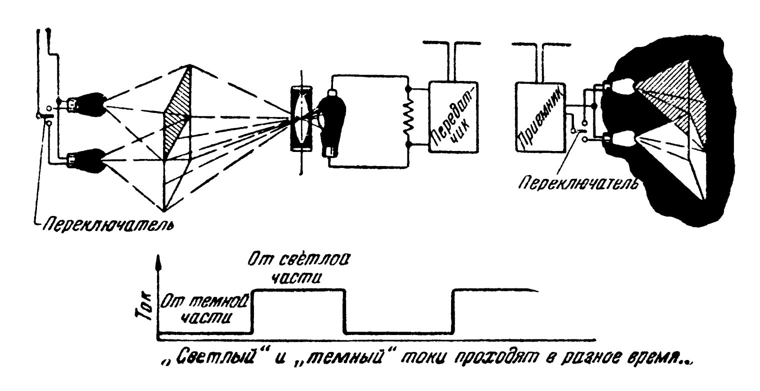
поставим два «световых динамика», две лампочки. Будем питать каждую лампочку только своим током и пусть каждая освещает только свою часть экрана. При такой системе передачи принятая «картинка» будет такой же, как и передаваемая.

Но тут сразу же возникает другая задача: если будет только один передатчик и один приемник, то токи (вернее, полученные от них сигналы) от темной и светлой частей «по дороге» смешаются и их снова нельзя будет разделить. Следовательно, нужно иметь два отдельных передатчика и два приемника Разделим картинку на три части: две темных и одну светлую. Вы уже подсказываете, что нужно три передатчика и три приемника. А если разделить на четыре части, на пять, на шесть частей?

Вы, конечно, знакомы с техникой кинематографии и знаете, что там движущееся изображение получается путем быстрой смены фотографий, на которых заснято последовательное положение перемещающихся предметов. Если заменять эти фотографии одна другой медленно, то движение на экране будет скачкообразным. При быстрой же смене этих последовательно снятых изображений глаз не успевает отличать одно от другого, накладывает их одно на другое и видит плавное движение. Здесь используется свойство глаза сохранять увиденное несколько дольше, чем он его непосредственно видит Для получения плавного движения нужно менять отдельные фотоснимки не реже, чем 10—20 раз в секунду.

Не сможем ли мы здесь что-нибудь позаимствовать?

Возьмем опять двухполосную «картинку» и будем освещать ее не всю сразу, а каждую полосу поочередно Чтобы не получилось одновременной засветки обеих полос, на лампы наденем непроницаемые экраны с прорезью. Кроме того, для упрощения работы системы будем направлять на фотоэлемент не отраженный свет, а свет, пропущенный картинкой при освещении ее с противоположной стороны. Результат будет тот же самый: темная часть пропустит мало света, светлая — много. Перед фотоэлементами поставим фотообъектив. При поочередном освещении обеих полос оба фотоэлемента могут работать на один передатчик, так как большой и малый токи будут проходить в разное время. В приемнике же при малом токе будем включать одну лампу и при большом — другую. Если переключение производить достаточно быстро, то благодаря указанному выше свойству глаза мы перестанем различать, что обе половинки экрана светятся порознь, и увидим как бы одновременное свечение всего экра-



Фиг. 5. При таком способе можно обойтись одним передатчиком и одним фотоэлементом.

на, одна половина которого будет светлой и другая темной (фиг. 5). При трех полосах поставим переключатель на три положения и будем последовательно зажигать три лампы и т. д. Очевидно, что при таком способе можно обойтись одним передатчиком и даже одним фотоэлементом.

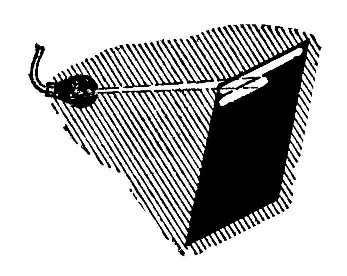
Вы уже заметили, что для правильной передачи «изображения» необходимо зажигать лампочки в приемнике точно в том же порядке и на столько же времени, как и в передатчике. Такая работа называется в технике «синхронной работой». Говорят, что переключатели должны быть взаимно синхронизированы.

Чем больше полос в передаваемом изображении, тем чаще нужно переключать лампочки. Но сколько же нужно иметь лампочек, если полос будет очень много, и каким способом можно эти лампочки так быстро и точно переключать?

Посмотрим, нельзя ли что-нибудь упростить.

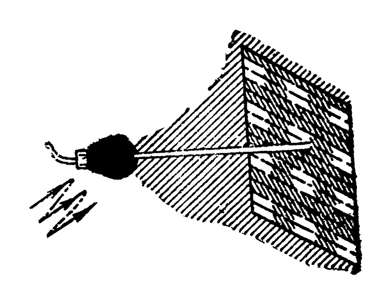
Заменим все лампочки и переключатель одной лампочкой, которая будет периодически перемещаться сверху вниз и обратно. То же самое сделаем и в приемнике. Если движение «передающей» и «приемной» ламп будет строго синхронизировано, то мы получим прежний результат, но уже с одной лампой. Лампочки при таком способе должны двигаться скачками. Вся система значительно упростится, если скачкообразное перемещение заменить плавным. Посмотрим, к чему это приведет.

Пока освещается только темная полоса или только светлая, все останется без изменений. Но вот световая линия —





Фиг. 6. Сделаем в кожухе лампы маленькое отверстие.



Фиг. 7. Получим раздельное изображение темных и светлых квадратиков.

назовем ее строкой — стала переходить с одной полосы на другую, например с темной на светлую. Сначала она захватила лишь немножко светлой полосы и ток в фотоэлементе слегка увеличился. Затем все бо́льшая и бо́льшая часть светлой полосы попадает в зону освещения, ток все растет и растет и так до тех пор, пока световая строка не перейдет на светлую полосу и ток станет равным «светлому» току. Следовательно, при плавном движении передающей лампы переход от «черного» тока к «белому» и обратно будет происходить плавно, а не скачками, как это было, пока лампа «прыгала» с одной полосы на другую. А это значит, что приемная лампа будет так же постепенно, а не сразу, менять освещение экрана и границы между полосами окажутся размытыми. Ясно, что чем тоньше строка, тем размытость будет меньше, так как переход с одной полосы на другую произойдет быстрее. Но в таком случае в каждый момент на экране будет светиться все более и более узкая полоска и ее надо перемещать сверху вниз (как говорят, — по кадру) и обратно все чаще и чаще.

Заметьте, что мы сумели с помощью только одной лампы принципиально «передать» очень много полосок. Вам, конечно, ясно, что среди этих полосок могут быть не только темные и светлые, но и любых промежуточных оттенков. Вопрос о том, как можно передвигать эту лампу, да еще достаточно быстро, оставим пока открытым.

До сих пор «цвет» нашей картинки менялся только в одном направлении — сверху вниз, по кадру. Вдоль же освещаемой лампой линии — строки, как мы ее назвали, — цвет был один и тот же. Возьмем картинку, у которой белые (или черные) полосы заменены чередующимися черными и белыми



Фиг. 8. Заменим искусственную картинку, например, вот этим рисунком.

квадратиками. Если ничего не менять в нашей системе, то от этих полос с квадратиками на приемном экране получатся серые полосы, так как при одновременном освещении всех квадратиков фотоэлемент даст просто средний ток.

Воспользуемся старым рецептом. Сделаем в кожухе лампы вместо щели маленькое отверстие и будем перемещать выходящий из него узкий пучок света (назовем его лучом), как и раньше, по вертикали, по кадру, и одновременно по горизонтали, по строке (фиг. 6). Перемещение по строке будем производить во много раз быстрее, чем по кадру, с таким расчетом, чтобы пока луч бежит по строке от одного края картинки и обратно, вниз он сдвигался не более, чем на величину освещаемой им полосы. Сделав то же самое и в приемнике, мы получим на его экране раздельное изображение темных и светлых квадратиков (фиг. 7). За то время, пока мы передвинем лампу сверху вниз (будем считать, что возвратное движение по строке и кадру происходит мгновенно), мы должны пробежать с ней по горизонтали столько раз, сколько строк уложится на экране вплотную одна к другой. Опыт показывает, что глаз будет видеть весь экран светящимся одновременно в том случае, если пробегать по кадру не менее чем 20—25 раз в секунду; и каждый раз покрывать его сеткой строк (эту сетку строк в телевидении называют растром). Чем более мелкие квадратики будут на нашей «картинке» и чем точнее мы их хотим передать, тем тоньше должна быть строка, тем больше будет этих строк и тем быстрее должен будет двигаться луч.

Заменим теперь нашу искусственную картинку каким-нибудь действительным изображением, например вот этим рисунком (фиг. 8). Здесь нет никаких полос и квадратиков, о которых мы так много говорили. Но изменится ли что-нибудь, если мы поставим этот рисунок на место нашей картинки с полосами и квадратиками? Очевидно, нет. Луч побежит по первой строке и в каждый момент на фотоэлемент будет попадать такое количество света, которое пропускается освещаемым в этот момент участком картинки. При передвижении луча ток фотоэлемента будет меняться по мере того, как будут меняться темные и светлые места, и луч

лампочки приемника нарисует нам передаваемое изображение. Чем тоньше будет этот луч, тем тоньше строка, тем передача будет более точной.

Вдумаемся в смысл того, что мы сделали. Нам нужно было одновременно передать несколько, много, очень много различных электрических сигналов, полученных от преобразования различных по оттенку мест изображения, так как все эти оттенки существуют одновременно и притом на своих местах и одновременно на своих местах мы должны их видеть на приемном экране, иначе изображение пропадает. Такая задача прямым путем неразрешима и поэтому мы как бы развернули изображение во времени в линию, разбили на отдельные элементы и вместо того, чтобы передать их все вместе, передаем в определенном порядке один за другим, делая таким путем электрический сигнал от изображения похожим на сигнал от звука. Для получения слитного изображения мы передаем эти элементы один за другим настолько быстро, что глаз не успевает их порознь различать и воспринимает как слитное изображение. (Позже я Вам расскажу, как на помощь глазу приходит в этом случае техника.) В этом заключается принцип, заложенный в основу передачи изображения по радио.

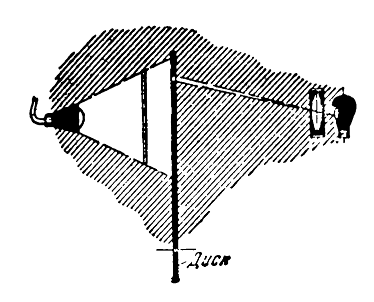
В нашей хорошо продуманной системе имеется слабое звено — быстро передвигаемые лампы. Очевидно, что такой способ «развертывания» изображения и его суммирования на приемном экране можно применить только условно.

БЕСЕДА ТРЕТЬЯ

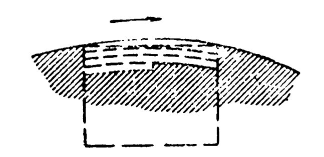
ПЕРЕДАЮЩАЯ И ПРИЕМНАЯ ЭЛЕКТРОННОЛУЧЕВЫЕ ТРУБКИ

Как практически осуществить способ «просматривания» изображения передающей лампочкой? Эта задача была очень просто решена П. Нипковым в 1884 г., еще за 11 лет до гениального открытия А. С. Попова, для передачи изображений по проводам.

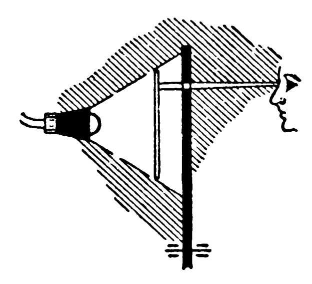
Нипков предложил оставить лампу неподвижной и перемещать только падающий на фотоэлемент световой луч. Для этого между освещенным изображением и фотоэлементом помещается непрозрачный диск, имеющий возможность вращаться вокруг своей оси (фиг. 9). Диаметр диска в 5—10 раз больше размера передаваемой картинки. Сделаем на краю



Фиг. 9. Между изображением и фотоэлементом помещается непрозрачный диск.



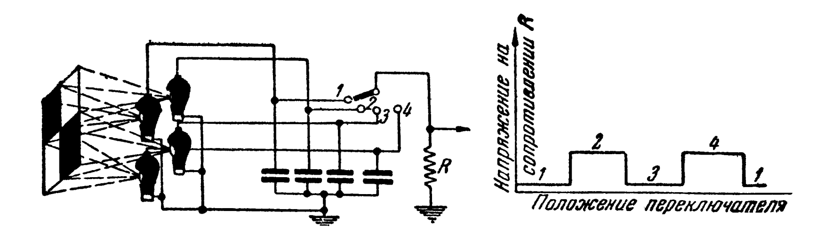
Фиг. 10. Третье отверстие прочертит третью строку и т. д.



Фиг. 11. Зритель увидит в каждый момент светящуюся точку такой же яркости.

диска, в части, совпадающей с левым верхним углом картинки, отверстие диаметром, равным ширине строки. Тогда на закрытый до этого диском фотоэлемент попадает свет, отраженный от участка картинки, находящегося против отверстия. Поворачивая диск по часовой стрелке, мы будем перемещать отверстие вдоль верхней кромки картинки и последовательно просматривать эту кромку до тех пор, пока не дойдем до края. Нетрудно видеть, что при этом мы «прочертим» первую строку. Сделаем в диске не одно, а несколько отверстий, и расположим их так, что когда первое дойдет до правого края, второе подойдет к левому краю. Если это второе отверстие сдвинуть к центру диска на ширину строки, то, пройдя по картинке, оно прочертит вторую строку. Третье такое отверстие прочертит третью строку и т. д. (фиг. 10) до тех пор, пока все изображение не будет просмотрено полностью. Очевидно, что на диске должно быть столько отверстий, на сколько строк разлагается изображение, и число оборотов диска должно быть равно числу пробегов луча по кадру.

В приемнике используется такой же диск, расположенный между экраном и зрителем. Экран непрерывно освещается лампой, питаемой принятым сигналом. Если оба диска, приемный и передающий, будут вращаться точно с одинаковой скоростью, то зритель увидит в каждый момент светящуюся точку такой же яркости и на том же месте (фиг. 11), что и в передатчике, а достаточно быстрое перемещение этой



Фиг. 12. Поместим против каждого квадрата фотоэлемент.

точки позволит увидеть слитное изображение. Заметим, что обычные осветительные лампы накаливания не могут быть использованы в качестве «световых динамиков», так как они обладают слишком большой инерцией и не успевают следить за изменением сигнала. Для этой цели применялись безинерционные неоновые лампы.

Такая система передачи изображений по радио была практически осуществлена.

Однако, при этом способе трудно получить четкую и яркую картинку, так как на фотоэлемент попадает только часть общего отраженного светового потока, во столько раз меньшая этого потока, во сколько площадь отверстия меньше общих размеров передаваемой картинки. Ток через фотоэлемент будет мал даже при сильном освещении. Яркость принятого изображения также во столько раз меньше яркости приемного экрана, во сколько раз отверстие меньше картинки. Вы уже знаете, что картинка будет передана тем точнее, чем тоньше строка, чем на большее число строк разделяется изображение, т. е. чем меньше отверстие в диске. Следовательно, увеличение четкости картинки можно сделать лишь за счет ее яркости.

Вернемся к нашей черно-белой картинке, состоящей, например, из четырех квадратов, и поместим против каждого квадрата фотоэлемент так, чтобы он «смотрел» только на свой квадрат (фиг. 12). Включим в цепь каждого фотоэлемента конденсатор. В элементе, «смотрящем» на светлый квадрат, возникнет большой ток, и конденсатор зарядится до большого напряжения. От темного квадрата в «смотрящем» на него фотоэлементе ток будет мал и конденсатор за такое же время зарядится до значительно меньшего напряжения Соединим конденсаторы с клеммами коммутатора, движок которого подадим через сопротивление на их общий полюс.

Подключившись к «светлому» конденсатору, мы получим большой ток разряда и большое падение напряжения на сопротивлении. От «темного» конденсатора получим маленький ток и маленькое падение напряжения. Напряжения, полученные на сопротивлении, подадим через усилитель в передатчик и излучим с помощью антенны в пространство. Преимущества такого способа очевидны: фотоэлемент освещен все время. Сигнал накапливается в течение большого времени, а снимается быстро, поэтому он будет значительно мощнее, даже при меньшем освещении, чем при диске.

Вы спрашиваете, сколько же нужно таких элементов и как быстро придется вращать коммутатор? Давайте, сосчитаем

Пусть изображение разложено на 30 строк и картинка— квадратной формы. Тогда в каждой строке будет 30 квадратиков, а всего $30 \times 30 = 900$ квадратиков, и нужно 900 отдельных фотоэлементов и столько же конденсаторов! Вращать коммутатор нужно с частотой кадров, т. е. 20—25 оборотов в секунду. Качество картинки при таком числе строк будет очень низкое (фиг. 13). Увеличим число строк до 60. Элементов будет $60 \times 60 = 3\,600$, и хотя картинка получится и лучше, но четкость ее явно мала (фиг. 14). Возьмем 120 строк. Картинка много лучше (фиг. 15), но $120 \times 120 = 14\,400$! Четырнадцать тысяч фотоэлементов и конденсаторов и триста тысяч переключений в одну секунду!

Конечно, это не реально. Но не реально только до тех пор, пока мы пользуемся отдельно изготавливаемыми фотоэлементами и конденсаторами и применяем механический коммутатор.

Техника нашла решение этой задачи. Представьте себе, что на пластине размером примерно 100×120 *мм* нанесено очень много маленьких фотоэлементов, каждый со своим конденсатором, так много, что даже при 300—600 строках на каждый квадратик приходится не один, а несколько десятков таких фотоэлементов. Конечно, каждый из них не изготавливается отдельно. Для этого найдено много способов и наиболее простой из них заключается в следующем. На тонкую пластинку слюды наносится окись серебра. Пластинка помещается в печь с довольно высокой температурой, под действием которой из окиси выделяется чистое серебро в виде маленьких отдельных капелек. Эту операцию повторяют до тех пор, пока капельки не покроют ровным слоем всю поверхность пластины. После этого капельки обрабатываются особым способом и становятся чувствительными к действию света. В результате получается пластина с большим числом

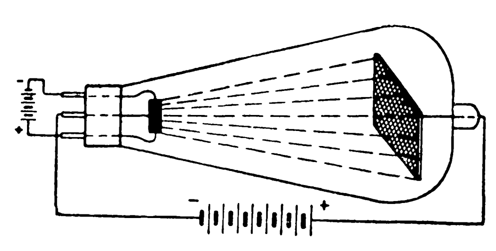


Фиг. 13. Качество картинки при таком числе строк будет очень низкое.

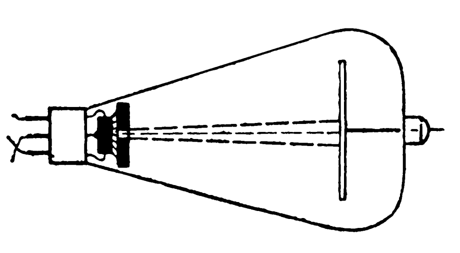
Фиг. 14. Картинка, хотя и лучше, но четкость ее явно мала.

Фиг. 15. Картинка много лучше, но...

изолированных друг от друга очень маленьких фотоэлементов. Эту пластину обычно называют мозаикой. Противоположная сторона слюдяной пластины покрывается тонким слоем металла. Емкость, образуемая каждой капелькой с этим слоем, и будет играть роль конденсатора, включенного последовательно с каждым фотоэлементом, а металлический слой является их общей обкладкой. Этот металлический слой называют сигнальной пластиной.



Фиг. 16. Выходящие из катода электроны полетят на мозаику.



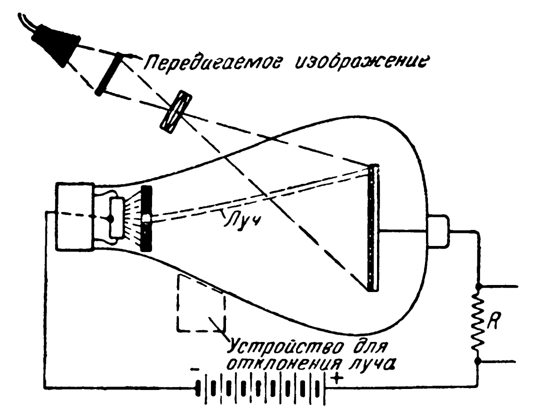
Фиг. 17. На мозаику попадет только узкий пучок в центре.

Возьмем обыкновенный диод, но несколько увеличенных размеров, и вместо анода поставим нашу слюдяную пластину (фиг. 16), расположив ее мозаикой к катоду. Если к сигнальной пластине приложить положительное напряжение, то выходящие из катода электроны направятся к мозаике. Поставим около катода диск, в центре которого вырежем небольшое отверстие (фиг. 17). Теперь на мозаику будут попадать не все электроны, а только узкий пучок в центре. Чем меньше диаметр отверстия, тем этот пучок будет тоньше.

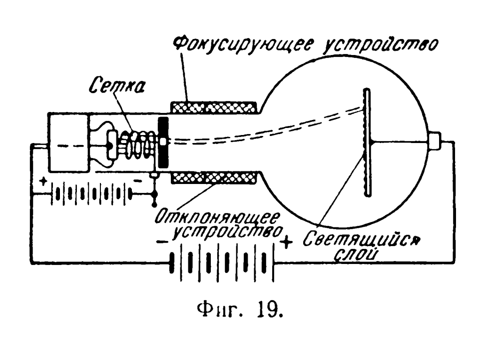
Предположим, что мы каким-то способом отклонили этот пучок электронов (назовем его электронным лучом) от своего пути и, направив его в левый верхний угол мозаики, заставили двигаться по ее верхней кромке. Дойдя до правого края, луч прочертит на мозаике строку. Вернув луч снова к левому краю и чуть опустив, прочертим вторую строку, затем третью и т. д., пока не покроем всю мозаику сеткой строк, подобно тому как мы это делали с помощью «бегающей лампы». Что произойдет с мозаикой и сигнальной пластиной?

Если мозаика не освещена, то напряжение на всех конденсаторах равно нулю, так как в фотоэлементах нет никаких токов. Вы знаете, что электрический ток — это поток

электронов в проводнике. Наш электронный луч это тоже ток, но «протекающий» без всякого проводника, непосредственно в сильно разреженном воздушном пространстве (вакууме). Пробегая по мозаике, этот ток будет последовательно подключаться к каждому из конденсаторов и заряжать их точно так же, как если бы мы подключали эти конденсаторы непосредственно к источнику питания. После того, как луч обежит, прочертит всю мозаику, на ней окажется по отношению к сигнальной пластине некоторый постоянный по всей поверхности потенциал.



Фиг. 18. Спроектируем на мозаику передаваемое изображение.



Фиг. 19.

Спроектируем на мозаику передаваемое изображение (фиг. 18). Под действием света в каждом фотоэлементе появится свой ток, величина которого будет зависеть от количества падающего на него света. Эти токи будут разряжать свои конденсаторы. Сильно освещенный фотоэлемент может полностью разрядить и даже перезарядить свой конденсатор. Неосвещенный фотоэлемент оставит потенциал своего конденсатора неизменным. В результате распределение напряжений на мозаике по отношению к сигнальной пластине будет соответствовать расположению светотеней на передаваемой картинке. На мозаике получится «электрическая картинка». Электронный луч, пробегая по этой картинке, будет стремиться вновь уравнять потенциалы всех конденсаторов. В сильно освещенных местах для этого потребуется много электронов, ток луча будет большим и это вызовет большой ток во внешней цепи. В темных местах электронов потребует-

ся мало и ток во внешней цепи будет мал. Если включить во внешнюю цепь сопротивление, то падение напряжения на нем в каждый момент будет пропорционально освещенности того места картинки, на которое в этот момент падает луч. Пока луч обежит всю пластину, на ней опять образуется «электрическая картинка». Пробегая следующий раз, луч опять ее «сотрет», картинка снова возникнет и т. д., и на сопротивлении все будут возникать электрические сигналы. Так как электронный луч не обладает инерцией, то его можно заставить двигаться как угодно быстро, тем более что перемещение (как говорят, отклонение) луча производится электрическим способом, а электрические процессы, как Вы знаете, могут совершаться несоизмеримо быстрее, чем механические.

Вы заметили, вероятно, что я все время говорил о неподвижном изображении. Но ничего не изменится, если мы спроектируем на мозаику, как на экран, движущуюся киноленту или направим на нее, как на пластинку в фотоаппарате, изображение какой-нибудь натуральной сцены. В этом случае после каждого кадра, в течение которого луч уравнивает потенциал мозаики, расположение светотеней на ней будет постепенно меняться и соответственно будет меняться и форма получаемого сигнала. Зависимость точности передачи от числа строк остается прежней и электронный луч нужно делать как можно более тонким. Но если сужать луч только путем уменьшения отверстия в диске, то на мозаику попадет очень мало электронов, ток луча будет мал а, следовательно, будет мал и получаемый сигнал. Поэтому через отверстие в диске пропускают достаточно большое количество электронов, а после диска ставят специальное, фокусирующее, устройство, с помощью которого сжимают прошедший через диск поток электронов в достаточно тонкий луч.

Прибор, который мы рассмотрели, называется передающей электроннолучевой трубкой (иконоскопом). По виду он представляет собой стеклянный шар с приваренной к нему сравнительно тонкой трубкой.

Напряжение, заставляющее электроны направляться к мозаике, подается не на сигнальную пластину, а на графитовый слой, покрывающий внутренность шаровой колбы.

Я рассказал Вам, конечно, лишь основные принципы работы иконоскопа. В действительности в нем происходят более сложные процессы.

Перейдем к приемнику.

Поместим в иконоскоп вместо мозаики пластину, покрытую веществом, способным светиться под действием электрон-

ного луча, и заставим этот луч бегать по пластине в том же порядке и с такой же скоростью, как и в иконоскопе передатчика. Если число электронов в луче постоянно, то луч оставит на пластине (назовем ее экраном) сетку одинаково светящихся строк (растр). Чем больше приложенное к экрану положительное напряжение, тем ярче будут светиться строки, так как луч будет ударять в покрывающий экран слой вещества с большей силой.

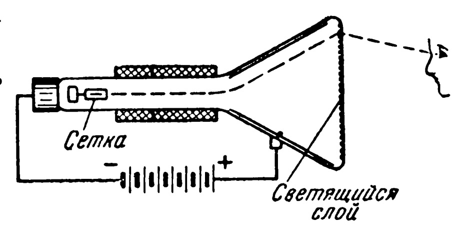
Поместим около катода сетку и подадим на нее отрицательное смещение. Вы знаете, что в обычной трехэлектродной лампе — триоде — анодный ток тем меньше, чем больше напряжение смещения на сетке. В нашем случае вместо анодного тока будет меняться попадающее на экран количество электронов, т. е. будет меняться ток луча, и его зависимость от напряжения на сетке будет такая же, как и зависимость анодного тока в триоде от сеточного напряжения. Это значит, что, меняя смещение на введенной нами сетке (часто называемой модулятором и обычно имеющей форму цилиндра), мы можем менять число попадающих на экран электронов и тем самым менять яркость свечения получаемых на этом экране строк.

Подадим на сетку принятый сигнал. Если бы мы подали этот сигнал на сетку триода, то в анодной цепи получили бы ток, меняющийся так же, как и сигнал на сетке. В нашем случае пропорционально приложенному сигналу будет меняться ток луча, а, следовательно, и яркость свечения экрана. Это значит, что свечение разных точек экрана будет меняться в соответствии с изменением принятого сигнала. Если мы сумеем расположить эти точки правильно, т. е. синхронизируем движение лучей в иконоскопе и приемной «лампе», то на экране этой лампы получим передаваемое изображение. Такая «лампа» называется кинескопом или приемной электроннолучевой трубкой или, наконец, просто приемной трубкой.

Для удобства рассматривания принятого изображения часть трубки, противоположная катоду, делается плоской, на нее тонким слоем наносится светящийся состав и рассматривание изображения производится с противоположной стороны, на просвет (фиг. 20). Положительное напряжение прикладывается не к экрану, что было бы трудно выполнить, а к графитовому слою, нанесенному на боковые стенки колбы.

Так современная техника решает задачу разложения изображения на большое число строк и задачу обратного его суммирования.

Вам уже ясно, что движение лучей в иконоскопе и кинескопе должно быть согласовано с высокой степенью точности. В противном случае темные и светлые точки изображения окажутся не на своих местах и принятое изображение будет непохоже на передаваемое (если оно вообще будет на что-нибудь похоже). «Домашними» средствами такой точности совпадения разверток или, как говорят, — точности синхронизации достигнуть нельзя, и поэтому управление движением луча в приемной трубке поручено самому передатчику. Для этой цели вместе с сигналом картинки посылаются специальные сигналы, точно указывающие моменты начала каждой строки и каждого кадра. Эти синхронизурующие сигналы резко отличаются от сигналов изображения. Подробнее об этом я расскажу позже.



Фиг. 20. Приемная трубка.

БЕСЕДА ЧЕТВЕРТАЯ

КАК ФОКУСИРУЕТСЯ И ОТКЛОНЯЕТСЯ ЭЛЕКТРОННЫЙ ЛУЧ

Посмотрим, какими способами мы можем сфокусировать электронный луч и как можно заставить его двигаться по мозаике или экрану.

Вы знаете, что маленький электрический заряд, помещенный между пластинами заряженного конденсатора, двигается по направлению к пластине, имеющей противоположный знак, т. е. положительный заряд двигается к отрицательно заряженной пластине, и наоборот. Силы, заставляющие заряд двигаться, называются электростатическими силами, а пространство между пластинами, где эти силы действуют, называется электростатическим полем. Чем больше заряд на пластинах, чем сильнее поле, тем быстрее двигается попавший туда заряд. Напомним, что пути, по которым двигались бы помещенные в разные точки поля электрические заряды, называются **силовыми линиями** электростатического поля. Вспомните еще, что маленький магнитик, помещенный между полюсами магнита (или электромагнита), двигается в создаваемом этим магнитом (или электромагнитом) поле по его силовым линиям. Если же

внести в магнитное поле проводник, по которому проходит ток, то этот проводник также будет перемещаться, но уже не вдоль силовых линий поля, а перпендикулярно к ним. Кроме того, проводник с током будет перемещаться перпендикулярно тому направлению, в котором проходит ток.

Каждый электрон — это электрический заряд и на него должно действовать электростатическое поле. Каждый движущийся электрон — это маленький ток и не имеет никакого значения, проходит ли этот «ток» в проводнике или в вакууме, как это имеет место в лампах или наших трубках. А если движущийся электрон — это ток, то на него должно действовать магнитное поле. Это поле заставит электрон отклониться от своего пути перпендикулярно полю и перпендикулярно тому направлению, в котором этот электрон двигается. Эти два явления, т. е. влияние на электрон электростатического и электромагнитного полей, и используются для фокусировки и для отклонения луча в приемной и передающей трубках. В соответствии с этим существуют электростатический и электромагнитный способы фокусировки и электростатический и элекромагнитный способы отклонения луча.

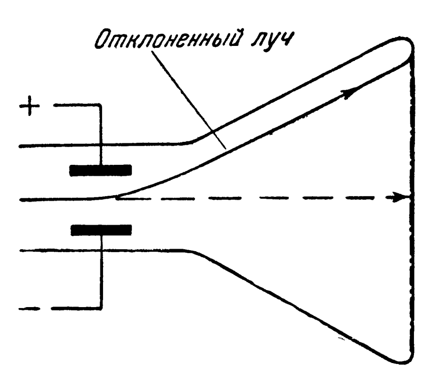
В приемной трубке первое фокусирующее действие оказывает модулятор, так как электроны, попадая в отрицательно заряженный цилиндр, отталкиваются от его стенок и сжимаются к осевой линии. После модулятора ставят один или несколько дополнительных электродов, на которые подается постоянное напряжение. Электростатическое поле, создаваемое этими электродами, действует на электронный луч так же, как оптическая линза на пучок света, т. е. собирает его в одну точку. Подбирая величину напряжения на фокусирующих электродах, можно добиться того, чтобы эта точка была на поверхности экрана. В иконоскопе электростатическая фокусировка применяется редко, так как этот способ сильно усложняет конструкцию трубки.

При электромагнитном способе фокусировки снаружи на горло трубки надевается катушка индуктивности. Пропускаемый через эту катушку постоянный ток создает внутри горла трубки постоянное электромагнитное поле, которое действует на луч также подобно линзе, т. е. собирает его в точку. Расстояние этой точки от места, где создано электромагнитное поле зависит от величины тока в катушке. Меняя ток, можно совместить эту точку с поверхностью экрана приемной трубки или мозаики иконоскопа. Электромагнитный способ фокусировки действительно проще, так как при нем не требуется вводить внутрь трубки никаких специальных устройств, и

применяется поэтому он значительно чаще.

Перейдем к способам отклонения электронного луча в электронно-лучевых трубках. На этом вопросе нам придется остановиться подробнее.

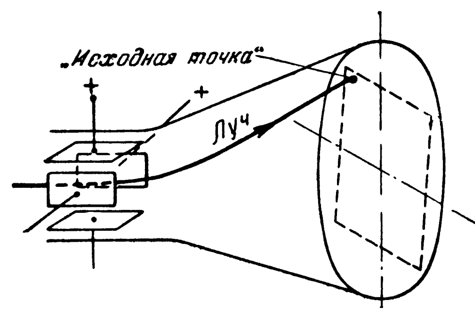
Условимся, что луч будет двигаться по строке слева направо и по кадру— сверху вниз. Можно было бы принять и любой другой порядок, но такое движение более привычно, так как оно совпадает с движением глаз при чтении. Вообще говоря, безразлично, как будет двигаться луч в передающей трубке вдоль строки с постоянной скоростью или сначала быстро, затем медленнее или еще как-нибудь иначе — лищь бы луч в приемной трубке в точности повторял его движение. Но согласование движения лучей проще осуществить в том случае, когда оно будет равномерным, будет происходить с постоянной скоростью.



Фиг. 21. Луч отклонится от своего первоначального направления.

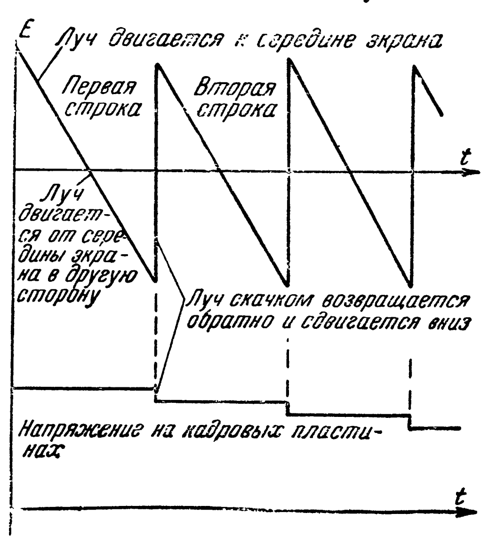
Возьмем для определенности приемную трубку. Если на луч не действуют никакие отклоняющие силы, то его след окажется в центре экрана и будет неподвижен. Поместим на пути луча внутри горла трубки пластины плоского конденсатора и подадим на них напряжение (фиг. 21). Попав в поле этого конденсатора, электронный луч будет притягиваться к положительно заряженной пластине и отталкиваться от отрицательно заряженной и, продолжая свой путь вперед к экрану, отклонится от своего первоначального направления и попадет на экран выше центра. Чем больше будет напряжение на пластинах конденсатора, тем дальше «точка попадания» уйдет от центра, и можно подобрать величину напряжения так, чтобы эта точка оказалась на верхней стороне вписанного в экран прямоугольника.

Оставим луч в таком положении и введем внутрь горла трубки вторую пару пластин, расположив их перпендикулярно первой. Подав напряжение на эту пару пластин, можно опять подобрать его величину так, чтобы луч переместился в левый верхний угол. Таким образом, мы привели луч в исходную точку, с которой он может начать свое движение (фиг. 22).

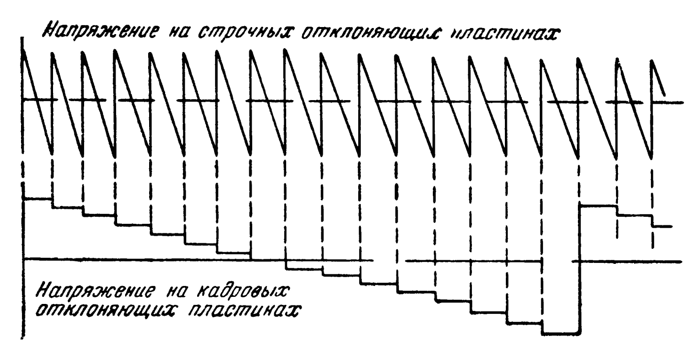


Фиг. 22. Мы вывели луч в исходную точку.

Назовем пластины, отклонившие луч вверх, **кадровыми отклоняющими пластинами**, и пластины, отклонившие луч влево, — **строчными отклоняющими пластинами**. Начнем равномерно уменьшать напряжение на строчных отклоняющих пластинах, оставляя напряжение на кадровых пластинах постоянным. Луч при этом начнет так же равномерно двигаться к вертикальной оси экрана и окажется на ней, как только напряжение на строчных пластинах станет равно нулю. Будем снова увеличивать напряжение, но поменяв на пластинах его знак. Луч пойдет от центральной линии в другую сторону, и когда напряжение на пластинах станет по абсолютной величине равно начальному напряжению, луч достигнет противоположной стороны прямоугольника экрана. В этот момент резко, скачком, вернем напряжение на строчных пластинах к исходному значению и одновременно уменьшим напряжение на кадровых пластинах ровно настолько, чтобы луч опустился вниз на ширину одной строки (фиг. 23). Тогда новая исходная позиция луча в левом положении окажется под первой позицией. Повторим ход изменения строчного напряжения еще и еще раз, каждый раз уменьшая кадровое напряжение при возвращении луча к левому краю, и так до тех пор, пока луч не совпадет с нижней кромкой экра-



Фиг. 23. Напряжение на отклоняющих пластинах.



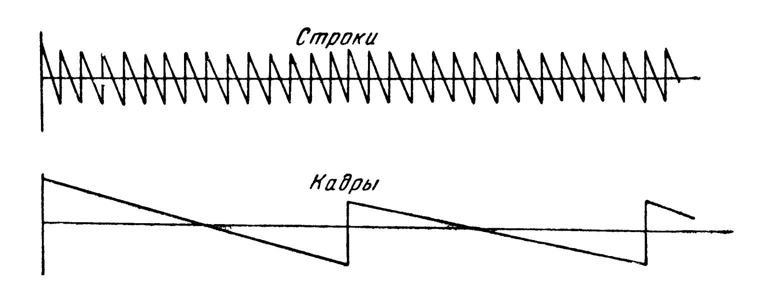
Фиг. 24. Посмотрите на этот рисунок.

на, покрыв весь экран сеткой строк. Этим закончится первый кадр.

Вернем теперь скачком кадровое напряжение к начальному значению и повторим весь процесс сначала. Что же получается? Оказывается—посмотрите на рисунок (фиг. 24),— что на строчные пластины нужно подавать напряжение в виде пилы с наклоненными гладкими «зубьями», а на кадровые— в виде пилы с наклонными ступенчатыми «зубьями». Число таких зубьев в кадровой пиле за 1 сек. должно быть равно числу кадров, а число зубьев строчной пилы должно быть во столько раз больше, чем кадровой, на сколько строк разбивается изображение.

Выше мы уже получали нечто подобное, когда «двигали» лампу, и там уже заменили скачкообразное движение по кадру плавным. С таким же основанием мы можем заменить скачкообразное изменение напряжения на кадровых пластинах плавным (фиг. 25), так как получить плавно меняющееся напряжение можно более простыми средствами.

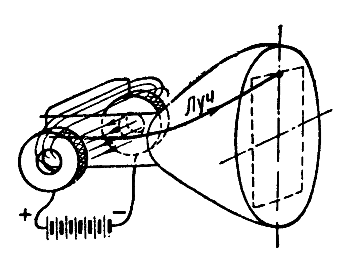
Итак, мы нашли, что при электростатическом способе отклонения электронного луча, внутрь горла трубки после фокусирующего устройства, нужно поместить две пары плоскопараллельных пластин. На одну из этих пар пластин необходимо подавать переменное напряжение пилообразной формы с частотой, равной принятому числу кадров, и на другую— такое же напряжение, но с частотой, равной числу кадров, умноженному на число строк в каждом кадре. Отклоняющие пластины можно поместить и вне трубки, но в этом случае потребуется много большее напряжение, так как сила, дейст-



Фиг. 25. Напряжение на отклоняющих пластинах.

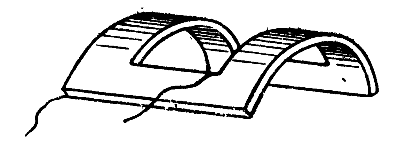
вующая на электронный луч, обратно пропорциональна расстоянию между пластинами.

Посмотрим, как можно воспользоваться влиянием на луч электромагнитного поля. Поместим снаружи на горле трубки катушки индуктивности так, чтобы при пропускании через них электрического тока возникало электромагнитное поле, силовые линии которого направлены к нам (фиг. 26). Пока тока нет и, следовательно, нет никакого поля, луч попадает в центр экрана. Пропустим через катушки некоторый постоянный ток. Попав в создаваемое этим током электромагнитное поле, электронный луч, продолжая двигаться по направлению к экрану, отклонится вверх (вспомните правило трех пальцев левой руки: поле—горизонтально к нам, ток—горизонтально по оси трубки, движение—вертикально вверх; не забудьте, что направление тока и направление потока электронов противоположны) и попадет на экран выше центра. Увеличивая ток через катушку, мы можем довести «точку попадания» до верхней кромки экрана, а взяв еще одну индуктивность, расположенную перпендикулярно первой, переместить эту точку в левый угол. Отклонение луча от первоначального направления будет тем больше, чем сильнее электромагнитное поле, а сила поля пропорциональна проходящему через катушки току. Остальное Вам должно быть понятно из предыдущего, т. е. при электромагнитном способе отклонения электронного луча нужно иметь две взаимно перпендикулярно расположенные индуктивности. Через одну из них необходимо пропу-



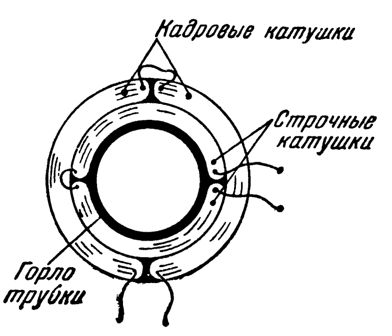
Фиг. 26. Поместим снаружи катушки индуктивности.

скать ток пилообразной формы с частотой, равной принятому числу кадров и через другую— ток такой же формы, но с частотой, равной числу кадров, умноженному на число строк в каждом кадре.



Фиг. 27. Катушки индуктивности имеют вид прямоугольника, обогнутого по диаметру горла трубки.

Катушки индуктивности— назовем их отклоняющими катушками — помещаются вне трубки, на ее горле около раструба, и имеют обычно вид прямоугольника, обогнутого по диаметру горла (фиг. 27). Таких катушек для получения симметричного поля берут по две и располагают на горле трубки одна против другой (фиг. 28).



Фиг. 28. Так располагаются отклоняющие катушки на горле трубки.

Электромагнитное отклонение, как и электромагнитная фокусировка, применяется много чаще, так как при таком способе для управления движением луча не нужно вводить внутрь трубки никаких дополнительных устройств.

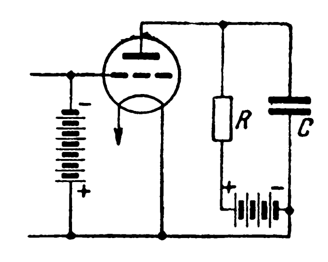
БЕСЕДА ПЯТАЯ

КАК ПОЛУЧАЕТСЯ ПИЛООБРАЗНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ

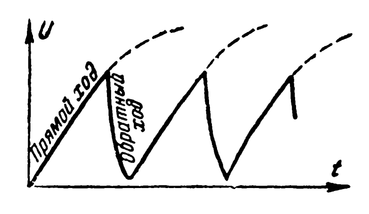
Итак, для развертывания изображения в передатчике и для обратного суммирования в приемном устройстве нужно иметь пилообразное напряжение или пилообразный ток.

Начнем с пилообразного напряжения.

Соберем такую схему: в анодную цепь триода с малым внутренним сопротивлением включим большое сопротивление R и шунтируем его на землю емкостью C (фиг. 29). Лампу полностью запрем большим отрицательным смещением. Так как лампа по условию заперта и тока через нее нет, то конденсатор начнет постепенно заряжаться через анодное сопротивление от источника анодного питания. Напряжение на конденсаторе будет постепенно нарастать, сначала почти линейно и затем, по мере накопления конденсатором



Фиг. 29. Соберем такую схему.

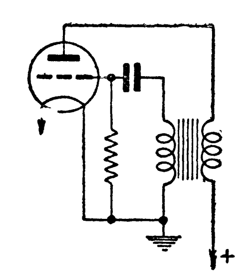


Фиг. 30. Посмотрите на форму полученного на конденсаторе напряжения.

заряда, все медленнее и медленнее. Не дожидаясь замедления процесса заряда, быстро откроем лампу, сделав смещение на ее сетке равным нулю. Так как внутреннее сопротивление лампы мало, то как только лампа откроется, конденсатор начнет разряжаться через нее во столько раз быстрее, чем заряжался, во сколько внутреннее сопротивление лампы меньше включенного в анодную цепь сопротивления R. В результате этого разряда напряжение на конденсаторе резко упадет. Снова закроем лампу и дождавшись, когда напряжение на конденсаторе достигнет такого же значения, как и в первый раз, опять снимем смещение и так еще и еще раз. Посмотрите на форму полученного на конденсаторе напряжения (фиг. 30). Оно очень похоже на то пилообразное напряжение, какое нам нужно. Правда, в нем имеются два отличия: первое — нужное нам напряжение меняется от нулевого значения симметрично в обе стороны, а полученное напряжение меняется только в одну сторону. Это означает, что в полученном напряжении имеется некоторая постоянная составляющая, от которой легко можно избавиться, пропустив это напряжение через конденсатор. Второе отличие заключается в том, что от одного крайнего значения до другого напряжение меняется не скачком, а в течение некоторого времени (назовем это время временем обратного хода луча, так как за это время луч возвращается к своему исходному положению, в отличие от времени прямого хода, в течение которого луч прочерчивает строку или кадр). С этим нам придется мириться и сейчас и во всех случаях в будущем, и позже я расскажу Вам, как устраняются неприятные явления, вызываемые не мгновенным возвращением луча к началу строки или кадра. Нам придется только всегда заботиться о том, чтобы время обратного хода не было больше некоторого

определенного значения. Кроме того, оно перевернуто по фазе, но это, как легко понять, не имеет никакого значения.

Чтобы «зубья» пилы не закруглялись результате уменьшения скорости заряда конденсатора, необходимо максимальное напряжение на конденсаторе делают равным не больше 20% от напряжения источника питания.



Фиг. 31. Выглядит эта схема чрезвычайно просто.

Итак, мы можем получить пилообразное напряжение, если сумеем запереть лампу и периодически на короткое время открывать ее. Среди целого ряда схем, способных решить подобную задачу, наибольшее применение получила схема, известная под названием б л о к и н г - г е н е р а т о р а. Выглядит эта схема чрезвычайно просто (фиг. 31).

Вы знаете, как работает обычный генератор синусоидальных колебаний? Я несколько напомню об этом. Возьмем простую схему генератора с контуром в цепи анода. Вам известно, что в любой цепи, состоящей из индуктивности и емкости, всегда возникают так называемые с о б с т в е н н ы е колебания, если в этот контур попадает какое-то количество энергии. Включим источник питания. В анодной цепи появится ток. Этот ток внесет в контур некоторое количество электрической энергии и в контуре появятся собственные колебания. Пусть через обмотку связи, включенную в цепь сетки, эти колебания зарядят конденсатор в цепи сетки, так что на его сеточном конце окажется минус и лампа будет заперта. Колебания, возникшие в контуре, могли бы после отключения лампы продолжаться сколь угодно долго, если лампу все время держать в запертом состоянии. Но, как известно, в любом контуре кроме индуктивности и емкости всегда есть еще и некоторое сопротивление и вследствие потерь энергии на этом сопротивлении амплитуда возникших колебаний будет постепенно уменьшаться.

Я сказал, что возникшие колебания заперли лампу. Но вызванный ими заряд на сеточном конденсаторе будет постепенно стекать через шунтирующее сопротивление и лампа через некоторое время может опять открыться. Подвесьте на нитке какой-нибудь предмет, ну, например, вот этот каркас от катушки, и качните его. Перед Вами механический родственник нашего колебательного контура. Видите, размах колебаний становится все меньше и меньше. Подтолкните немножко. Ну, еще, еще, не торопитесь. Вы заметили, что если Вы подталкиваете маятник по движению, размах колебаний увеличивается?

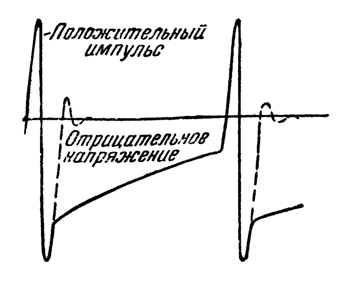
Если же толчок приходится навстречу движению, маятник почти останавливается. Нетрудно приспособиться подталкивать маятник так, чтобы насколько за один период аплитуда его колебаний уменьшится, настолько же увеличивать ее легким толчком. Подталкивая маятник каждый период можно добиться такого состояния, при котором размах колебаний будет оставаться постоянным и получатся так называемые незатухающие колебания.

Такая же по смыслу картина имеет место и в генераторе, где непрерывные толчки дает сама лампа. Лампа почти все время заперта, но величина связи и емкость и сопротивление в цепи сетки подбираются так, что каждый период лампа не надолго открывается и пропускает небольшой ток, восполняющий энергию, потерянную за этот период контуром в сопротивлении. Обмотка связи должна быть включена по отношению к анодной обмотке вполне определенным образом, так как при неправильном включении толчки тока будут действовать навстречу колебаниям и колебания прекратятся. Вам, наверное, приходилось замечать, что гетеродин в приемнике не хочет работать, если перепутано направление какой-либо из обмоток.

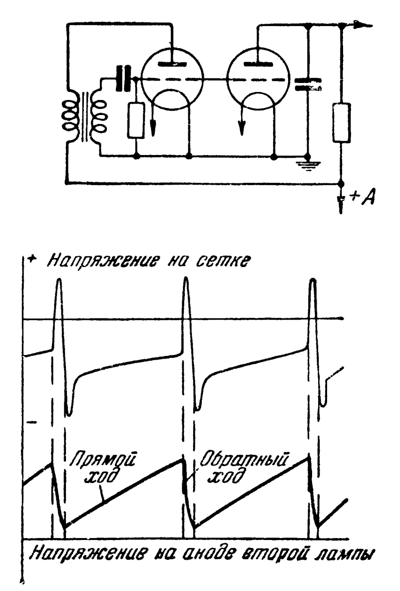
Если связь мала, то колебания прекратятся, так как лампа будет «подталкивать» контур недостаточно сильно. А если связь велика и очень велика? В этом случае конденсатор может получить настолько большой заряд, что для разряда его до напряжения, при котором откроется лампа, потребуется несколько периодов колебаний. Похоже на то, что как будто мы, дав сильный толчок нашему маятнику и задержав его в верхней точке, постепенно опускаем его и предоставляем ему свободу лишь недалеко от его нижнего положения. Оказавшись свободным, маятник качнется, мы снова дадим толчок и опять задержим и т. д. Такая примерно картина имеет место и в блокинг-генераторе.

Но где же, спросите Вы, в нарисованной мною схеме колебательный контур? Контур есть. Вспомните, что любая катушка индуктивности обладает, кроме того, и собственной емкостью, к которой нужно добавить еще емкости монтажа и междуэлектродные емкости лампы. Эти емкости и создают вместе с индуктивностью обмоток колебательный контур блокинг-генератора. Суммарная емкость контура очень невелика и амплитуда возникающих колебаний имеет большую величину. Необходимая сильная связь достигается тем, что обмотки располагаются на сердечнике из магнитного материала.

Итак, процесс, происходящий в блокинг-генераторе,



Фиг. 32. Напряжение на сетке блокинг-генератора.



Фиг. 33. Соединим сетки ламп.

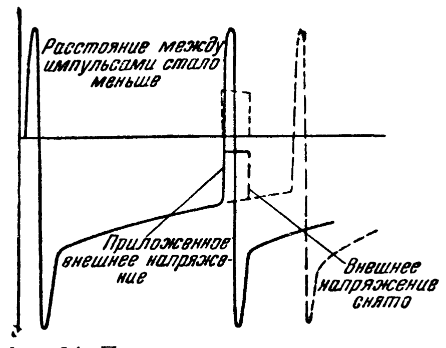
можно представить в следующем виде (фиг. 32): при включении генератора в эквивалентном контуре появляются собственные колебания. Благодаря сильной связи первый же размах этих колебаний запирает лампу большим отрицательным смещением и колебания прекращаются. Отрицательное напряжение на конденсаторе постепенно и сравнительно медленно убывает благодаря стеканию заряда через сопротивление утечки, до тех пор, пока смещение на сетке не уменьшится настолько, что лампа отпирается и появляется анодный ток. При появлении этого тока вновь возникают колебания, которые опять сильно заряжают сеточный конденсатор и запирают лампу и т. д. Таким образом, в сеточной цепи почти все время действует большое отрицательное напряжение, периодически прерываемое короткими положительными пиками или, как их называют, импульсами.

Применим для блокинг-генератора лампу такого же типа, какая была взята для получения пилообразного напряжения, и соединим сетку лампы блокинг-генератора с сеткой лампы в схеме фиг. 29 — получим схему, изображенную на фиг. 33. Тогда на сетке второй лампы (назовем ее разрядной лампой) будет напряжение, одинаковое с напряжением на сетке блокинг-генератора, т. е. почти все время большое отрицательное, с короткими положительными импульсами. Но такое напряжение и нужно иметь на сетке разрядной лампы для получения в ее анодной цепи пилообразного напряжения. Отрицательная часть этого напряжения будет держать лампу

запертой, пока заряжается конденсатор (прямой ход), а короткие положительные импульсы будут отпирать ее на время разряда (обратный ход). Промежуток между двумя импульсами будет зависеть от того, насколько быстро стекает заряд с сеточного конденсатора. Скорость этого стекания определяется величиной емкости конденсатора и величиной сопротивления утечки и, меняя их, можно регулировать время прямого хода. Продолжительность же положительного пика, равная времени обратного хода, определяется параметрами трансформатора блокинг-генератора, и ее также можно подобрать нужной величины.

Имея возможность менять время прямого хода пилы, т. е. регулировать число таких импульсов в 1 сек. или, иначе, частоту развертки, казалось бы, можно было сделать ее точно соответствующей развертке в передатчике. Пусть это будет, например, строчная развертка. Но оказывается, что сделать точно одинаковыми частоты разверток еще недостаточно. Действительно, пусть в тот момент, когда луч на передатчике находится на левом конце первой строки, луч в приемнике находится на ее середине. Если после этого оба луча начнут свое движение с точно одинаковой скоростью и частотой, то начало картинки на приемном экране окажется на его середине, середина картинки—на правом его краю, а конец—около середины. Получится так, как будто картинку по середине разрезали и сложили противоположными сторонами. Значит, мало того, чтобы одинаковые развертывающие напряжения на передатчике и приемнике имели точно равные частоты (что означает одинаковую длительность каждой строки и каждого кадра), надо, чтобы каждая строка и каждый кадр начинались и кончались на одном и том же месте как на передающей мозаике, так и на приемном экране. Это первое, что затрудняет точную подстройку генератора развертывающего пилообразного напряжения в приемнике на частоту того же генератора в передатчике. Второе же затруднение заключается в том, что ни в передатчике, ни в приемнике нельзя держать частоту генератора строго постоянной. От тех или иных причин, например от изменений напряжения питания, частоты генераторов в небольших пределах всегда будут меняться, причем и там и тут совершенно по-разному. А это значит, что строки на приемном экране все время будут «сползать» одна относительно другой и принятое изображение может оказаться безнадежно искаженным. Можно, конечно, приняв специальные меры, жестко стабилизировать частоту генератора. Но, во-первых, это сложно и дорого, а во-вторых, в этом нет

никакой необходимости. Действительно, разве так уже важно, если луч по одной строке будет двигаться несколько дольше, чем по другой. Нет, конечно. Важно лишь заставить луч в приемнике двигаться по этой строке столько же времени, сколько и в передатчике, важно, чтобы луч в приемной трубке слепо и послушно следовал за лучом иконоскопа. Поэтому мы уже раньше решили, что управлять разверткой в приемнике должен сам передатчик.



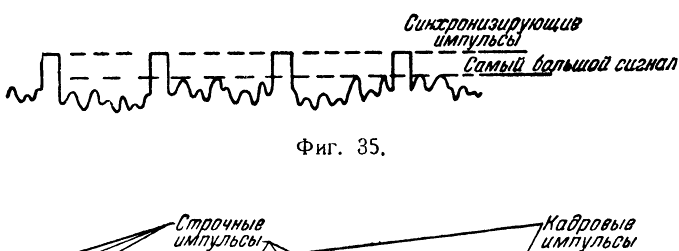
Фиг. 34. Подадим на сетку положительное напряжение.

Как это сделать? Вернемся опять к блокинг-генератору и посмотрим на его работу в тот момент, когда сильно заряженный сеточный конденсатор запер лампу и постепенно разряжается через сопротивление утечки. Это — время прямого хода развертки, время движения луча по строке или кадру. Обратный ход, а следовательно, и следующий прямой ход начнутся лишь после того, как напряжение на конденсаторе уменьшится настолько, чтобы открылась лампа и появился анодный ток. Раньше чем этот момент наступит, подадим на сетку положительное напряжение такой величины, чтобы оно уравновесило отрицательное смещение и открыло лампу (фиг. 34). Что произойдет в схеме? Очевидно, то же самое, что было бы в момент открывания лампы после естественного уменьшения смещения в результате разряда, т. е. возникнут собственные колебания. Если снять теперь приложенное добавочное напряжение, то дальнейший процесс пойдет своим порядком, с той лишь разницей, что интервал между двумя соседними импульсами, т. е. время прямого хода, стало меньше. Мы приложили добавочное положительное напряжение и затем быстро его сняли. Значит, оно имеет форму короткого импульса и должно действовать примерно в течение времени обратного хода, так как в момент его подачи обратный ход начинается, а в конце обратного хода это напряжение должно исчезнуть. Теперь Вы понимаете, что это значит? Это значит, что если передатчик между концом одной строки и началом другой, т. е. во время обратного хода, будет посылать короткие импульсы, то с их помощью в приемнике каждая строка

будет начинаться и кончаться в полном соответствии с той же строкой в передающей трубке. Непостоянство частоты генератора строчной развертки в приемнике не будет иметь никакого значения, так как передатчик все равно поведет эту частоту строго за собой. Точно так же для согласования движения лучей по кадру достаточно посылать между двумя кадрами специальный импульс.

Но раньше, чем подать эти импульсы в приемник на тот или иной генератор пилообразного напряжения, сначала их нужно отделить от сигнала изображения и затем разделить между собой. Для этой цели синхронизирующие импульсы имеют отличительные признаки. Первый признак, позволяющий отличить их от сигнала самой картинки, заключается в том, что по величине они всегда на 25—30% больше самого большого сигнала и полный сигнал за время одного кадра имеет вид, показанный на фиг. 35. Синхронизирующие импульсы всегда имеют одну и ту же величину независимо от того, как меняется от строки к строке и от кадра к кадру сигнал изображения. Для того, чтобы различить между собой строчные и кадровые импульсы, последние делаются много бо́льшими по длительности. Это и понятно, так как продолжительность кадра много больше, чем длительность строки (фиг. 36).

Вы спрашиваете, не будут ли эти импульсы портить картинку? Нет, так как на время, пока действует синхронизирующий импульс, трубку «запирают» и экран не светится. Запирание производится самими импульсами. Вы помните, что синхронизирующие импульсы всегда больше самого большого сигнала. Пусть этот самый большой сигнал соответствует

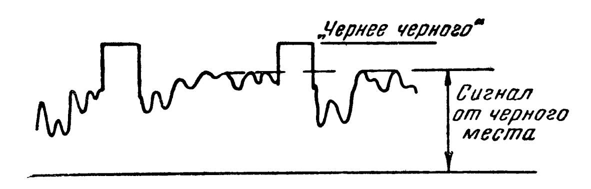


Фиг. 35.

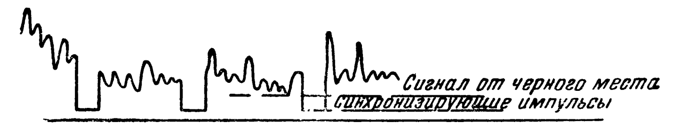
Фиг. 36.

черному месту картинки (фиг. 37). Это значит, что при таком сигнале луч должен быть заперт и экран светиться не будет. Но при еще большем сигнале, какой представляет собой синхронизирующий импульс, луч и заведомо будет заперт. Таким образом, синхронизирующий импульс представляет собой как бы сигнал от такого места картинки, которое чернее, чем черное (если бы, конечно, такое было). Поэтому часто говорят, что синхронизирующие импульсы передаются на уровне «чернее черного». Если же самому большому сигналу соответствует не черное, а белое место картинки, то тогда черному месту будет соответствовать самый маленький сигнал и синхронизирующие импульсы должны быть меньше самого наименьшего сигнала; в этом случае общий сигнал должен выглядеть так, как показано на фиг. 38. На практике применяются оба способа. Второй способ называется позитивным способом, так как в нем увеличению яркости картинки соответствует увеличение сигнала. Первый способ называют негативным. Соответственно модуляция несущей частоты передатчика такими сигналами называется негативной или позитивной. У нас в Советском Союзе принята негативная модуляция.

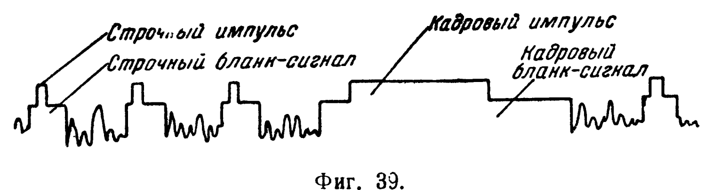
Может оказаться, что обратный ход развертывающей пилы займет больше времени, чем длительность синхронизирующего импульса. Кроме того, в моменты перехода от прямого хода к обратному и от обратного к прямому могут возникнуть различного рода искажения формы пилы и это испортит края картинки. Для того, чтобы скрыть эти искажения, луч



Фиг. 37. Пусть самый большой сигнал соответствует черному месту картинки.



Фиг. 38.



Фиг. 39.

гасят несколько раньше, чем начнется прямой ход, и держат его в таком состоянии еще некоторое время после окончания обратного хода. Для этого синхронизирующие импульсы помещаются на другой, более широкий сигнал (часто называемый бланк-сигналом), величина которого равна черному сигналу (фиг. 39).

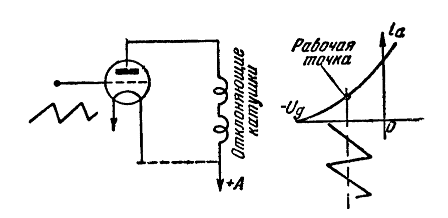
Позже я должен буду еще дополнить рассказ о полном сигнале и форме синхронизирующих импульсов и тогда же расскажу о способах их отделения и разделения.

БЕСЕДА ШЕСТАЯ

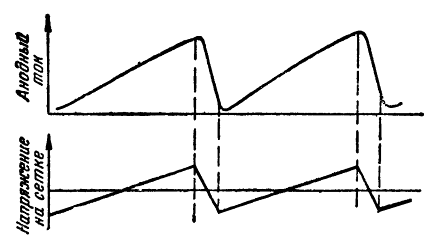
КАК ПОЛУЧАЕТСЯ ПИЛООБРАЗНЫЙ ТОК

Схема получения пилообразного напряжения с помощью блокинг-генератора находит в телевидении преимущественное применение и давно уже вытеснила все другие схемы. Перейдем теперь к знакомству со способами получения пилообразного тока.

Пилообразный ток можно получить с помощью пилообразного напряжения. Подадим пилообразное напряжение, полученное нами от схемы с блокинг-генератором, на сетку лампы, в анодную цепь которой включены катушки индуктивности. Пусть это будут наши отклоняющие катушки (фиг. 40). Лампу выберем с большим левым участком. Амплитуду напряжения выберем такой, чтобы она не выходила за пределы левого участка характеристики лампы и имелся бы некоторый запас для выбора рабочей точки. Во время прямого хода ток через индуктивность будет постепенно нарастать и относительно точно следовать за изменением напряжения на сетке. При резком изменении напряжения, в момент перехода к участку обратного хода, ток через индуктивность не сможет так же резко измениться. Индуктивность сгладит этот переход и сделает его более плавным. То же будет происходить и при возвращении от обратного хода к прямому. Посмотрите



Фиг. 40. Подадим за сетку лампы пилообразное напряжение.

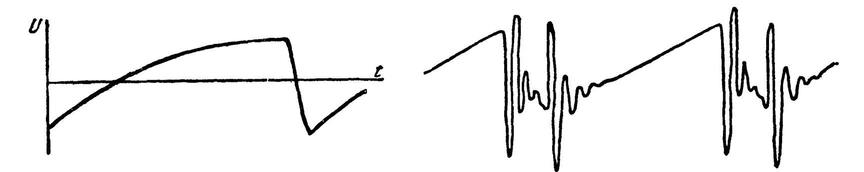


Фиг. 41. Ток тоже имеет форму „пилы".

на рисунок фиг. 41: ток имеет также форму пилы, но с закругленными переходами и несколько увеличенным в результате этого временем обратного хода.

Если бы в анодную цепь было включено просто активное сопротивление, то форма тока в точности повторяла бы форму сеточного напряжения (влияние паразитных емкостей я пока не учитываю). Но мы включили индуктивность, а ток через индуктивность далеко не всегда похож по своей форме на приложенное к ней напряжение. В данном случае при определенном подборе параметров схемы, т. е. величины индуктивности, собственного ее сопротивления и внутреннего сопротивления лампы, может оказаться, что скорость нарастания анодного тока будет постепенно увеличиваться, тогда как скорость изменения напряжения на сетке при линейной пиле строго постоянна. Это приведет к изгибу пилы вверх. Такая деформация может вредно отразиться на качестве картинки. Но она же, при умелом ее использовании, может сыграть и полезную роль, если Вы подадите на сетку пилу напряжения, например, такого вида, как показано на фиг. 42. Такая пила может получиться, если будут малы или зарядная емкость, или зарядное сопротивление, или, наконец, напряжение источника питания. В этом случае небольшое искажение пилы тока в анодной индуктивности может оказаться полезным. Некоторую коррекцию в форму анодного тока можно ввести и подбором рабочей точки, используя кривизну сеточной характеристики.

Позже Вы увидите, что к величине индуктивности отклоняющих катушек, строчной и кадровой, предъявляются вполне определенные требования и удовлетворяющая этим требованиям индуктивность может оказаться не наилучшей с точки зрения только что высказанных соображений Поэтому, как правило, отклоняющие катушки включают в анодную цепь не



Фиг. 42. В этом случае искажение формы пилы тока будет полезно.

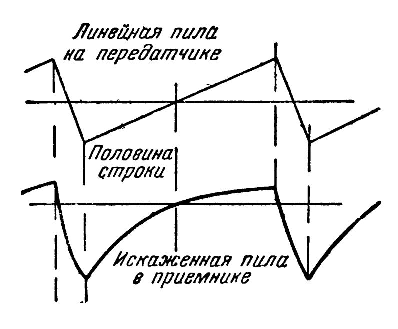
Фиг. 43. В моменты резких изменений напряжения на сетке в анодной цепи возникнут собственные колебания.

непосредственно, а через трансформатор или автотрансформатор. Такое включение позволяет получить лучшие результаты и, кроме того, оно удобнее и из ряда других соображений.

Заметим, что при любом выборе параметров схемы соотношение между ними должно быть таким, чтобы контур, образованный анодной индуктивностью, ее собственной емкостью и емкостями схемы, не был колебательным. Если это требование не будет выполнено, то в моменты резких изменений напряжения на сетке в анодной цепи возникнут собственные колебания, которые безнадежно исказят форму пилы отклоняющего тока (фиг. 43). Чтобы таких искажений не возникло, внутреннее сопротивление лампы должно быть небольшим, что обычно и бывает у ламп с большим левым участком. Таким образом, из пилообразного напряжения не только можно получить пилообразный ток, но и регулировать его форму в относительно широких пределах, добиваясь наилучшей линейности пилы отклоняющего тока.

Кстати, что получится, если пила отклоняющего тока или напряжения в приемнике будет не прямой, не линейной, в то время как на передатчике она всегда линейна. Пусть пила в приемнике будет искривлена вот так (фиг. 44) по сравнению с пилой на передатчике. При линейной пиле напряжения или тока луч по экрану будет двигаться с постоянной скоростью и, например, за половину времени, приходящегося на одну строку, дойдет до середины экрана. Так будет на передатчике. Если же пила в приемнике будет такой, как я нарисовал, то за такое же время луч на приемном экране пройдет больше половины своего пути, так как отклоняющее напряжение (или ток) выросло больше, чем на половину своего значения. А это значит, что то, что в передаваемой картинке находится на середине, в принятой картинке окажется ближе к краю и так как

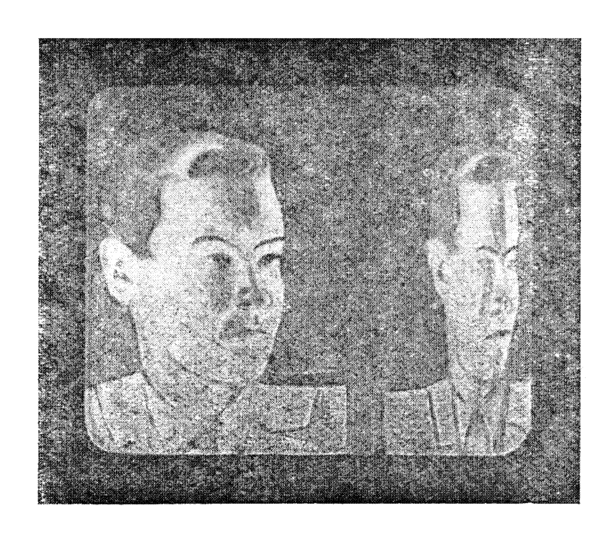
крайние положения картинки при этом совпадают, то одна половина принятой картинки будет растянута, а другая сжата. На практике такая форма развертывающей пилы приводит к тому, что человек на экране, передвигаясь от одного края к другому, на глазах худеет или полнеет (фиг. 45), при движении действующих лиц или предметов их очертания причудливо меняются и изображение получается, как в кривом зеркале.



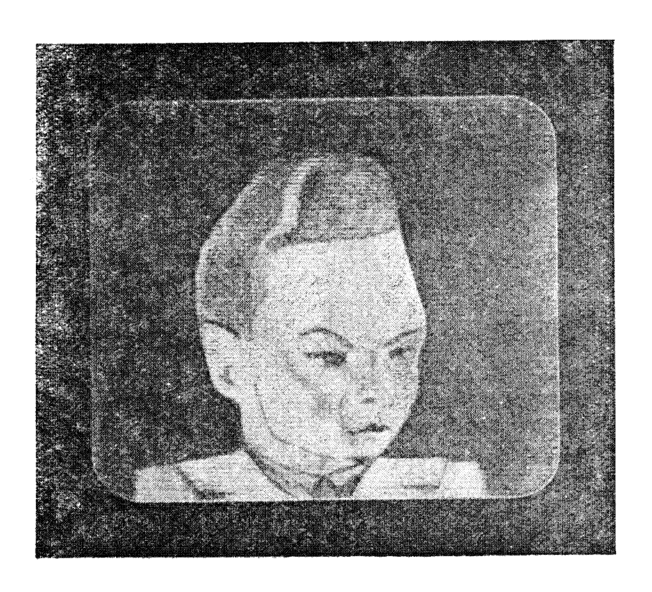
Фиг. 44.

Нелинейная пила напряжения или тока в кадровой развертке приведет к тому, что в одних местах строки будут прижаты одна к другой, в других—отодвинуты друг от друга и это вызовет нарушение пропорциональности между частями принятого изображения. Так, например, при такой пиле, как на фиг. 44, человек будет иметь непомерно большой лоб и сжатую нижнюю часть лица (фиг. 46).

Из сказанного Вам должно быть ясно, что линейность нарастания отклоняющего тока или напряжения имеет большое значение и является одной из основных характеристик качества работы развертывающих генераторов. Таким образом, нужно не только, чтобы каждая строка и каждый кадр на передатчике и приемнике начинались и кончались в одно и то же время, но и чтобы совпадение в движении лучей в приемной и передающей трубках сохранялось и внутри каждой строки и каждого кадра. Поскольку отклоняющее напряжение или ток в передающей трубке всегда делаются строго линейными, то для приемника это требование сводится к тому, чтобы и в нем выдержать такую же линейность разверток (все сказанное относится только к времени прямого хода, так как во время обратного хода луч погашен и ток или напряжение могут меняться как угодно). Таким образом, возможность в рассмотренной схеме регулировать в широких пределах форму тока должна быть отнесена к числу ее несомненных достоинств. Основным же недостатком этой схемы следует считать ее малую экономичность, так как энергия, накапливаемая индуктивностью за время прямого хода в виде большого тока, бесполезно расходуется на внутреннем сопротивлении лампы и не участвует в создании откло-

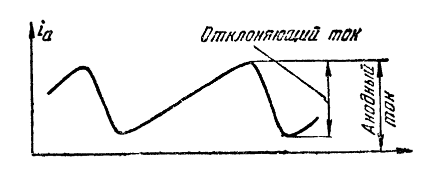


Фиг. 45. Изображение при нелинейной строчной пиле.



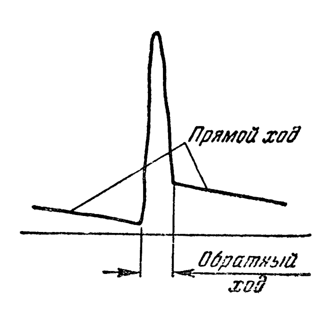
Фиг. 46. Изображение при нелинейной кадровой пиле.

няющего тока. Поэтому полный размах колебаний пилообразного тока всегда меньше, чем наибольший ток через анодную цепь лампы (фиг. 47).



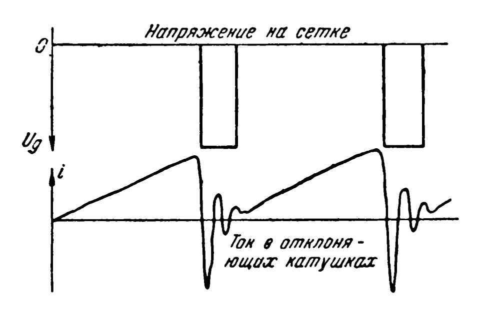
Фиг. 47. Размах отклоняющего тока меньше тока через лампу.

Посмотрим, какова будет форма напряжения на анодной индуктивности. Во время прямого хода напряжение в анодной цепи будет постепенно падать, примерно пропорционально нарастанию тока. В момент быстрого изменения тока, в начале обратного хода, напряжение на индуктивности быстро возрастет. За время обратного хода это напряжение останется почти постоянным и затем так же резко спадет, как только кончится обратный ход и начнется плавное нарастание тока. Следовательно, во время обратного хода на индуктивности появится пик положительного напряжения (фиг. 48), величина которого примерно во столько же раз больше напряжения источника питания, во сколько время прямого хода больше времени обратного хода.

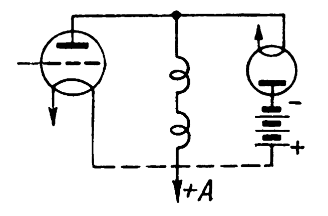


Фиг. 48. Во время обратного хода на индуктивности появляется пик положительного напряжения.

Рассмотрим теперь другую схему. Включим, как и раньше, в анодную цепь индуктивность и будем считать, что лампа заперта. Откроем лампу так, чтобы смещение на ее сетке стало равным нулю. Если бы в анодной цепи было включено чистое омическое сопротивление, то в нем сразу же установился ток, соответствующий анодному току лампы при нулевом смещении и данной нагрузке. Но ток в индуктивности не может возрасти скачком. Он будет нарастать постепенно и если внутреннее сопротивление лампы мало, то нарастание тока будет линейным, по крайней мере до тех пор, пока он не достигнет 15—20% от тока короткого замыкания анодной цепи, т. е. от тока, равного напряжению питания, деленному на сумму внутреннего сопротивления лампы и собственного сопротивления катушки. Пусть ток нарастает до этого значения за время, равное времени прямого хода. Запрем в этот момент лампу. Ток через лампу тотчас же прекратится. Но в индуктивности накопился определенный запас энергии, кото-



Фиг. 49.



Фиг. 50. Включим параллельно катушке диод.

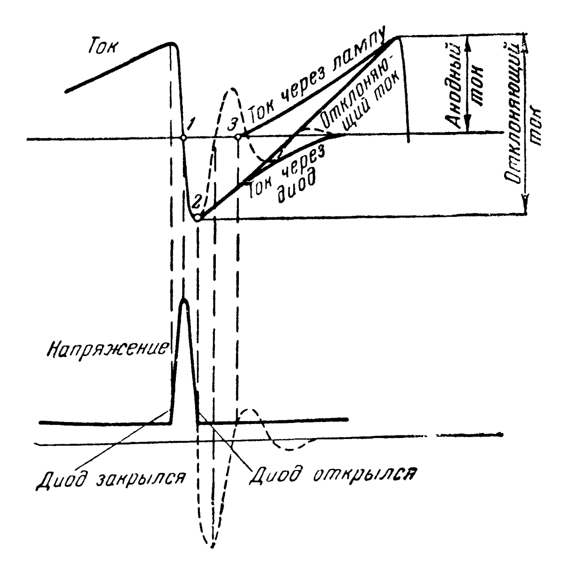
рая должна быть израсходована — бесследно исчезнуть она не может.

Что представляет собой наша схема после отключения лампы? Внешне—это просто катушка индуктивности, подключенная одним концом к источнику питания. Другой конец ее свободен, так как лампа заперта и нет никакой замкнутой цепи, по которой мог бы проходить ток. Но каждая индуктивность является одновременно и емкостью и сопротивлением. Следовательно, после отключения лампы у нас в действительности остался контур, в индуктивности которого имеется запас энергии. Если контур не колебательный (сопротивление катушки велико), то ток начнет постепенно уменьшаться и запасенная энергия будет расходоваться на нагрев сопротивления. Спадание тока произойдет заметно быстрее, чем нарастание его во время прямого хода, но все же не настолько, чтобы к концу обратного хода он стал достаточно мал, и размах полученного пилообразного тока будет попрежнему меньше тока через лампу. Спадание будет итти тем быстрее, чем меньше сопротивление катушки. Но уменьшая сопротивление, мы рискуем сделать контур колебательным. Что же будет в этом случае? Так как при открытой лампе решающую роль играет ее внутреннее сопротивление, то процесс во время прямого хода останется тем же, что и раньше. Но как только лампа запрется, в контуре немедленно возникнут собственные затухающие колебания, которые полностью исчезнут только после следующего включения лампы. Форма тока может быть, например, такой, как показано на фиг. 49. И чем меньше обратный ход управляющего напряжения, тем больше будет к концу его амплитуда собственных колебаний и тем меньше будет размах откло-

няющей пилы. Поэтому к. п. д. остается попрежнему маленьким, так как запасенная энергия расходуется бесцельно.

Посмотрим, нельзя ли каким-нибудь путем все же использовать эту энергию для увеличения отклоняющего тока? Включим параллельно катушке диод (фиг. 50). Во время прямого хода напряжение на индуктивности будет почти постоянным и сравнительно небольшим. Подадим в анодную цепь диода положительное напряжение такой величины, которая позволила бы держать диод открытым во все время прямого хода. Пусть внутреннее сопротивление диода достаточно мало и потому сильно шунтирует контур. Запрем лампу. Анодный ток лампы сразу исчезнет и ток через индуктивность начнет быстро убывать, напряжение на индуктивности, а следовательно, и на катоде диода, немедленно увеличится и диод окажется запертым. Запирание произойдет буквально сразу же, так как диод до этого был открыт очень небольшим напряжением. После отключения диода в оставшемся контуре возникнут интенсивные собственные колебания, амплитуда которых будет тем больше, чем меньше сопротивление катушки и чем меньше ее собственная емкость.

Изобразим (пунктиром), как должны происходить эти колебания, и проследим за их первой полуволной (фиг. 51).

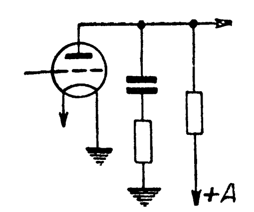


Фиг. 51. Отклоняющий ток больше, чем ток через лампу.

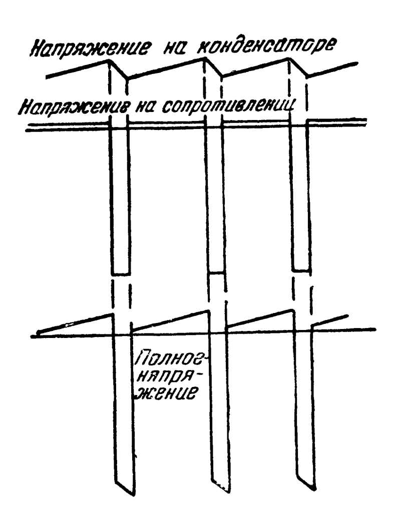
В тот момент — обозначим его цифрой *1*, — когда ток, убывая, становится равным нулю, напряжение на индуктивности достигает наибольшего значения (вспомните, что ток через индуктивность и напряжение на ней сдвинуты по фазе на 90°). Затем ток меняет знак и стремится к наибольшему отрицательному значению. За это время напряжение убывает и должно в момент наибольшего отрицательного тока стать равным нулю. Но как только напряжение, приближаясь к нулю, становится по величине таким же, каким оно было во время прямого хода, диод вновь открывается и шунтирует контур. Обозначим этот момент цифрой *2*. Колебания в контуре прекратятся и ток, который проходит теперь через цепь, образованную катушкой и диодом, начинает постепенно убывать. Пусть время обратного хода кончается в точке *3*. В этот момент вновь появляется анодный ток лампы. Посмотрите внимательно на рисунок. Ток, проходящий через индуктивность, состоит теперь из двух токов: из тока, замыкающегося через лампу, созданного источником анодного питания, и тока, замыкающегося через диод, обязанного своим происхождением энергии, запасенной индуктивностью во время прямого хода. Полный отклоняющий ток теперь не меньше, а больше анодного тока лампы и увеличение его вызвано тем, что мы сумели использовать энергию, которая раньше расходовалась бесполезно.

Вторая интересная особенность этой схемы заключается в том, что время обратного хода полученного тока меньше времени обратного хода напряжения на сетке, не зависит от него и определяется только собственной частотой колебательного контура, образованного включенной в анодную цепь лампы отклоняющей индуктивностью. Чем больше отрицательная полуволна собственных колебаний, тем больше выигрыш в размахе тока. Амплитуда же этой полуволны возрастает с уменьшением собственной емкости и собственного сопротивления катушки. Из этого следует, что при такой схеме оба эти параметра следует делать как можно меньшими. Кроме того, при уменьшении собственной емкости будет увеличиваться частота возникающих колебаний, благодаря чему уменьшится время обратного хода, что имеет весьма существенное значение.

Следует заметить, что для регулировки формы тока здесь меньше возможностей, чем в первой схеме. Некоторая коррекция может быть достигнута путем подбора соотношения между длительностями обратных ходов управляющего напряжения и полученного тока и обычно этим путем удается полу-



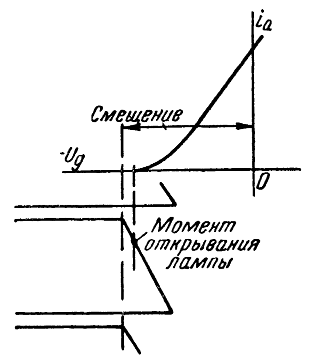
Фиг. 52. Включим последовательно с емкостью сопротивление.

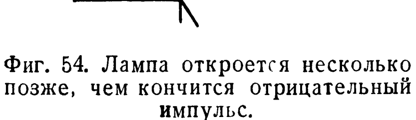


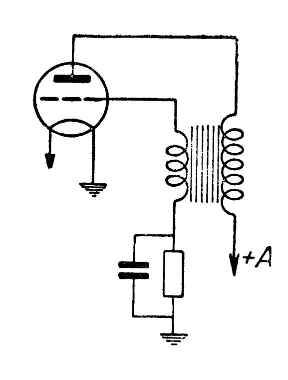
Фиг. 53. Получим нечто похожее на то, что нам нужно.

чить вполне хорошую линейность отклонения.

Остается решить вопрос о том, каким путем можно получить необходимое управляющее напряжение. Это напряжение должно на время обратного хода запирать лампу, а все остальное время держать ее сетку открытой. Следовательно, это напряжение должно представлять собой отрицательные импульсы с длительностью, равной или большей длительности обратного хода и с достаточно большой амплитудой. Не может ли помочь нам в этом схема с блокинг-генератором? Включим последовательно с зарядным конденсатором сопротивление (фиг. 52). При заряде конденсатора и при его разряде через это сопротивление будут проходить зарядный и разрядный токи, падение напряжения от которых будет складываться с получаемым на конденсаторе пилообразным напряжением. Ток заряда и ток разряда можно считать почти постоянными. Тогда маленький зарядный ток создаст на сопротивлении небольшое постоянное положительное напряжение, а большой ток разряда вызовет на нем отрицательное напряжение во много раз большей величины. Сложив эти напряжения с пилообразным напряжением на конденсаторе, получим нечто похожее на то, что нам нужно (фиг. 53). Различие заключается лишь в том, что отрицательные импульсы дополнены пилой, величина которой может быть сделана небольшой по сравнению с величиной отрицательных импульсов. Подав это напряжение на сетку лампы, мы, казалось бы, могли получить рассмотренную выше схему. Однако, если только импульсы не будут очень большими, нас может постигнуть разочарование. Действительно, как только анодный







Фиг. 54. Лампа откроется несколько позже, чем кончится отрицательный импульс.

Фиг. 55. Внешне схема очень проста.

ток лампы начнет в результате ее запирания падать, то напряжение на ее аноде резко возрастет и динамическая характеристика сильно сдвинется влево, в результате чего лампа может снова открыться. Но положение не настолько безнадежно, как может показаться на первый взгляд. Если внутреннее сопротивление диода мало, то нет необходимости брать лампу с малым внутренним сопротивлением, так как основную роль будет играть сопротивление диода. Тогда на время прямого хода можно подать на сетку лампы достаточно большое смещение и тем уменьшить необходимый для ее запирания отрицательный импульс. Выбрав, к тому же, для уменьшения запирающего напряжения лампу с достаточно большой крутизной, можно получить режим работы схемы, мало отличающийся от рассмотренного выше. Согласование длительности запирающего напряжения с периодом собственных колебаний можно достигнуть, например, тем, что подбором постоянного смещения отпирать лампу не сразу по окончании запирающего импульса, а некоторое время спустя (фиг. 54). Лампа при этом будет действительно заперта, так как напряжение на ней в этот момент очень невелико.

Я ничего не сказал о синхронизации полученного пилообразного тока, так как задающим генератором является тот же блокинг-генератор, и все сказанное о его синхронизации остается в силе. Добавлю только, что синхронизирующий импульс можно подавать не только на сетку. С таким же успехом он может быть подан и в анодную цепь.

Рассмотренные нами схемы получения пилообразного тока можно отнести к классу генераторов с независимым возбуждением. Действительно, пилообразный ток мы получаем в анодной цепи лампы, на сетку которой подается запускающее напряжение той или иной формы. В практике телевизионных разверток большое применение получила также схема, которую можно назвать генератором пилообразного тока с самовозбуждением, так как эта схема работает на одной лампе без постороннего управления. Сокращенно эту схему часто называют генератором тока. Внешне схема очень проста (фиг. 55) и отличается от блокинг-генератора только положением сеточной емкости и сеточного сопротивления. По происходящим же в ней процессам она противоположна блокинг-генератору. Если лампа блокинг-генератора почти все время заперта и открывается лишь на короткий промежуток времени, то лампа в генераторе тока, наоборот, все время открыта и закрывается лишь на некоторое время, определяющее время обратного хода получаемого от нее пилообразного тока. В этом отношении схема похожа на рассмотренную выше схему с запираемой лампой с той лишь разницей, что запирающий импульс вызывается импульсом, возникающим за счет сильной связи в анодной цепи. Благодаря этому лампа во время обратного хода всегда надежно заперта, так как бы ни был велик анодный импульс, импульс в цепи сетки всегда будет ему пропорционален. Роль шунтирующего диода играет в данной схеме участок сетка — катод.

Какие же схемы применять для строчной развертки и какие для развертки по кадру? Нам, в конечном счете, нужно получить с помощью пилообразного тока пилообразно меняющееся магнитное поле, величине которого пропорционально отклонение луча на экране кинескопа. Величина же магнитного поля, как известно, определяется произведением числа витков катушки, создающей это поле, на проходящий по этой катушке ток. Это значит, что один и тот же результат можно получить как увеличением числа витков, так и увеличением тока, но, несомненно, выгоднее брать число витков как можно большим.

Число кадров, передаваемых в 1 сек., невелико — всего лишь 25—50. При такой частоте кадрового отклоняющего тока собственная емкость катушки особой роли играть не будет и потому число витков можно брать большим и оно берется равным 10 000—12 000. Необходимый ток при этом составляет 5—15 *ма* и нет необходимости особенно заботиться о повышении к. п. д. генератора. Нелинейность же кадровой раз-

вёртки более резко бросается в глаза, чем нелинейность по строке и поэтому наиболее целесообразным будет выбор схемы с подачей на сетку пилообразного напряжения. Частота строчного отклоняющего тока в 300—600 раз выше кадровой частоты и при большом числе витков собственная емкость катушки может исказить форму пилы. Поэтому, число витков строчных отклоняющих катушек берется не больше 150—500 и соответственно возрастает необходимый для отклонения ток. Обычно выходная лампа при независимом возбуждении или лампа в режиме генератора тока потребляет 50—120 *ма* и отклоняющие катушки включаются через понижающий трансформатор. В этом случае повышение к. п. д. имеет серьезное значение и правильнее применить схему с запираемой сеткой или схему генератора тока.

БЕСЕДА СЕДЬМАЯ

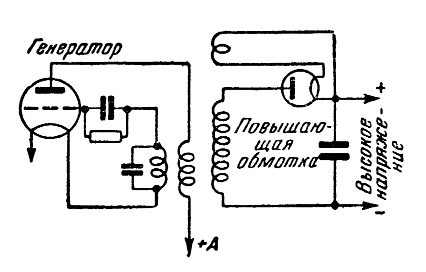
КАК ПОЛУЧИТЬ ВЫСОКОЕ НАПРЯЖЕНИЕ ДЛЯ ПРИЕМНОЙ ТРУБКИ

Вы помните, что на приемную трубку нужно подавать большое положительное напряжение, без которого не будет никакого электронного луча и никакого свечения экрана. Современные приемные трубки требуют для своих анодов постоянных напряжений от 4 000 до 12 000 *в*. Так, например, трубка типа ЛК-715 с диаметром экрана, равным 17 *см*, работает при напряжении 4 000—5 000 *в*, трубка с экраном 23 *см* — при напряжении 6 000—8 000 *в* и трубка с экраном 30 *см* — при напряжении 8 000—12 000 *в*. Наиболее простой способ получения таких напряжений заключается в выпрямлении повышенного с помощью трансформатора напряжения сети переменного тока, причем для получения напряжения в 8 000—12 000 *в* можно и следует применять схемы удвоения и утроения.

Однако, при всей его простоте и известности этот способ неудобен тем, что требует для фильтрации выпрямленного напряжения конденсаторов большой емкости с большим рабочим напряжением и сильно увеличивает габариты и вес приемника. Выпрямитель на 10 000—12 000 *в* вырастает в довольно солидное сооружение. Кроме того, приходится принимать меры к защите луча трубки от действия магнитных полей, которые у трансформатора такого выпрямителя имеют большую величину.

Нагрузкой на источник высокого напряжения является ток луча трубки. Нормальное значение этого тока не превышает 100—300 *мка.*

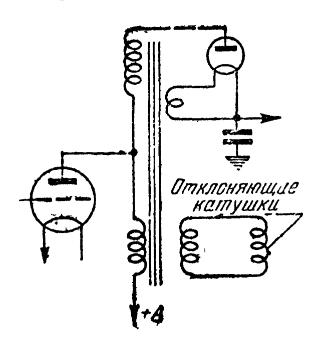
Это значит, что мощность, требующаяся от этого источника, составляет всего 0,5—5 *вт*, и это обстоятельство позволяет найти более изящные способы получения высокого выпрямленного напряжения. Один из таких способов заключается в следующем: с контуром специального генератора синусоидальных колебаний частоты 100—200 *кгц* связывается специальная обмотка с большим числом витков (фиг. 56). Добротность всей системы делается насколько можно высокой, благодаря чему на дополнительной повышающей обмотке развивается напряжение в 4 000—5 000 *в*. Это напряжение выпрямляется с помощью маломощного кенотрона, накал которого питается от специальной обмотки, связанной с тем же контуром. При необходимости иметь более высокие напряжения можно применить схему удвоения или утроения. Преимущество такого генератора перед сетевым выпрямителем заключается прежде всего в том, что для фильтрации выпрямленного напряжения требуются конденсаторы всего в 100—200 *мкмкф,* так как частота пульсации очень велика. Вес такого генератора в 10—15 раз меньше, чем вес сетевого выпрямителя, дающего такое же напряжение. Схема с генератором высокой частоты позволяет получать напряжения до 30 000 *в* и выше при затрате 50—120 *ма* постоянного тока. К числу недостатков нужно отнести необходимость дополнительного расхода постоянного тока от выпрямителя питания.



Фиг. 56 На дополнительной обмотке развивается напряжение 4—5 тыс. *в* .

Еще более изящным способом является получение высокого напряжения от генератора строчной развертки. Помните, я обращал Ваше внимание на появление на анодной индуктивности лампы во время обратного хода больших положительных импульсов напряжения. Величина их может достигать 3 000—4 000 *в*. Эти импульсы можно увеличить, добавив на трансформаторе специальную повышающую обмотку. Получаемые импульсы подаются на маломощный кенотрон, питаемый, как и в генераторе высокой частоты, от

специальной обмотки, расположенной на том же трансформаторе (фиг. 57). В катод кенотрона включен конденсатор в 200—300 *мкмкф* и получаемое на нем выпрямленное напряжение подается на анод приемной трубки. Таким образом, при этом способе высокое напряжение получается почти бесплатно, в придачу к строчной развертке, не увеличивая заметно ни габаритов, ни веса, ни потребляемой мощности. Так как выпрямляемые импульсы жестко связаны с частотой строк и действуют только во время обратного хода, когда луч трубки погашен, то они при любой своей амплитуде не создают никаких помех, чего нельзя сказать про предыдущие способы. От генератора строчной развертки можно без удвоения получать до 10 000—12 000 *в* и при многоступенчатом выпрямлении — до 30 000—50 000 *в*.



Фиг. 57. Получаемые импульсы подаются на маломощный кенотрон.

Вы говорите, что длительность импульсов мала по сравнению с промежутками между ними и надо очень большой импульс для того, чтобы среднее значение выпрямленного напряжения имело требуемую величину. Но дело в том, что действующее высокое напряжение определяется не средним значением за период, а величиной импульса. Действительно, импульс зарядит конденсатор до напряжения, равного своей величине. После этого конденсатор разряжается, но так как ток луча очень мал, то к приходу следующего импульса конденсатор не успеет сильно разрядиться. Следующий импульс вновь поднимет напряжение и так далее. Вы правы, что напряжение получается сильно пульсирующим и такая пульсация при любом другом способе была бы явно недопустимой. Но в данном случае пульсация жестко связана с частотой строк и поэтому практически незаметна. Серьезным недостатком этого способа является зависимость получаемого напряжения от изменения частоты и размера отклонения, а также от тока луча, т. е. от яркости изображения. Однако, первые две зависимости не имеют никакого значения, так как во время приема изображения размер и частота строк остаются строго постоянными.

Что же касается зависимости высокого напряжения от яркости картинки, то в правильно построенных схемах изме-

нение высокого напряжения в зависимости от яркости картинки колеблется в пределах 2,5—4% при генераторе тока и 0,5—2,5% при схеме с запираемой сеткой.

БЕСЕДА ВОСЬМАЯ

РАДИОПРИЕМНЫЙ ТРАКТ

Перейдем теперь к приемной части телевизионного устройства.

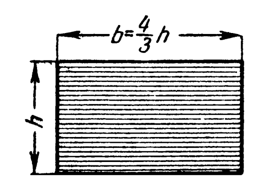
Собственно телевизионный приемник — будем называть его радиотрактом — так же, как и обычный широковещательный приемник, может быть прямого усиления или супергетеродинным, так же будет состоять из усилителя высокой частоты, гетеродина, смесителя, усилителя промежуточной частоты, второго детектора и усилителя низкой частоты. Но на этом сходство кончается.

Вы знаете, что наивысшая слышимая частота равна примерно 16 000 *гц*. Если бы передатчик и приемник пропускали все слышимые частоты, то ширина полосы широковещательного приемника была бы равна 32 000 *гц*, так как при модуляции несущей частоты передатчика образуются две боковые полосы, обе из которых нужно пропустить. В действительности передаваемая и принимаемая наибольшая частота не превышает 6 000—8 000 *гц*, а на длинных волнах 4 500—5 000 *гц* и в наилучшем радиоприемнике полоса по всему тракту УВЧ и УПЧ не бывает больше, чем 12 000 *гц* и по низкой частоте 5 000—8 000 *гц*. Промежуточная частота берется порядка 500 *кгц* и отношение пропускаемой полосы к промежуточной частоте составляет не больше, чем $12 : 500 = 0{,}024 = 2{,}4\%$.

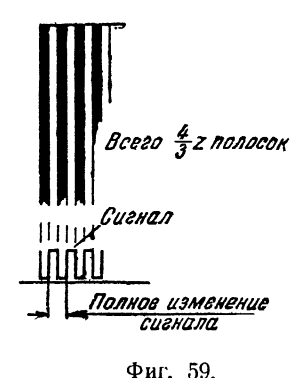
Какую же полосу должен пропускать радиотракт телевизионного приемника? Обозначим число кадров в секунду буквой N и число строк в каждом кадре буквой z и сосчитаем сначала, на сколько элементов мы разбиваем наше изображение. Ширина самого маленького элемента по строке будет равна ширине строки. Более мелких элементов, очевидно, не будет. Ширину строки мы найдем, разделив высоту изображения, которую мы назовем буквой h, на число строк в кадре z (фиг. 58):

$$\text{ширина строки} = \frac{\text{высота изображения}}{\text{число строк в кадре}} = \frac{h}{z}$$

и этой же величине будет равняться ширина элемента. Длина строки по стандарту составляет $^4/_3$ от высоты изображения,



Фиг. 58. Длина строки равна $^4/_3$ от высоты изображения.



Фиг. 59.

т. е. $b={}^4/_3\,h$. Разделив длину строки на ширину элемента, узнаем, сколько элементов уложится в одной строке:

$$\text{число элементов в строке} = \frac{\text{длина строки}}{\text{ширина строки}} = \frac{b}{h/z} = \frac{4z}{3},$$

а умножив эту величину на число строк z, узнаем и общее число элементов, на которое мы разбиваем нашу картинку:

Общее число элементов в кадре равно $\frac{4}{3}z^2$.

Пусть элементы чередуются между собой так: черный, белый, черный, белый и т. д. (фиг. 59). Тогда полное изменение электрического сигнала будет происходить через каждые два элемента и частота сигнала будет в 2 раза меньше общего числа элементов, которые луч пробегает за 1 сек. В каждом кадре мы насчитали $\frac{4}{3}z^2$ элементов и так как за 1 сек. проходит N кадров, то общее число элементов, пробегаемых лучом в 1 сек., будет в N раз больше, т. е. число элементов, пробегаемых лучом в 1 сек, равно $\frac{4}{3}Nz^2$, а наибольшая частота сигнала F_m (F максимальная) в 2 раза меньше, т. е.

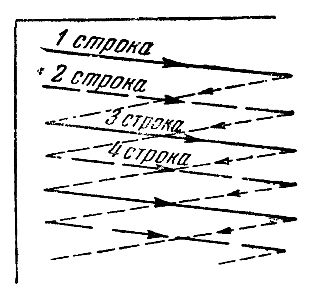
$$F_m = \frac{4}{3}\frac{Nz^2}{2}.$$

Чему же равна эта величина?

В Советском Союзе частота кадров принята равной 50. Обычно применяемые числа строк—343, 405, 441, 525, 625. Возьмем самое маленькое из них—343. Тогда $N=50$, $z=343$ и

$$F_m = \frac{4}{3}\cdot\frac{50\cdot 343^2}{2} = 3\cdot 921\cdot 633\ \textit{гц}.$$

Максимальная частота модуляции равна почти четырем миллионам герц! Но передатчик и приемник должны пропустить обе боковые полосы и, следовательно, полоса пропускания приемника до второго детектора должна быть 8 *мггц*! При 625 строках эта полоса увеличивается до 27 *мггц*! Это настолько большие величины, что необходимо принимать меры к их уменьшению.



Фиг. 60. Луч нарисует сначала нечетные, а затем четные строки.

Первый способ уменьшения полосы состоит в том, что телевизионная передача ведется только на одной боковой полосе. Вторая боковая полоса срезается в самом передатчике. Это позволяет уменьшить полосу в 2 раза и пропускать при 343 строках лишь 4 *мггц* и при 625 строках — 13,5 *мггц*. Но и это еще слишком много, и в настоящее время применяется чрезвычайно остроумный способ, позволяющий без потери качества уменьшить полосу частот еще вдвое.

Представьте себе, что луч, прочертив первую строку, рисует вслед за ней не вторую, а третью строку, затем пятую, седьмую и т. д. — все нечетные строки, каждую на своем месте. После этого, вернувшись, луч чертит вторую, затем четвертую, шестую и т. д.—все четные строки и тоже на своих местах. Что же получилось? На экране прочерчено полное число строк, но за это время луч пробежал по кадру не один, а два раза. Результат получается такой, как будто число кадров стало в 2 раза бóльшим. Тогда вместо 50 кадров можно взять только 25. Четкость изображения останется такой же, а полоса частот уменьшится в 2 раза. Развертка такого вида называется ч е р е с с т р о ч н о й.

Ряд дополнительных соображений указывает на то, что без ущерба для качества изображения полосу пропускания приемника можно уменьшить еще на 25—40% и окончательная формула для определения максимальной частоты будет иметь вид:

$$F_m = \frac{Nz^2}{2},$$

где N — число кадров, равное 25. Тогда окончательно для различного числа строк будем иметь:

Число строк	343	405	441	525	625
Полоса, *мггц*	1,47	2,05	2,45	3,45	4,90

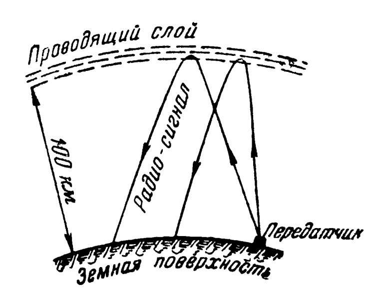
Такие полосы пропускания должен иметь весь тракт телевизионного приемника. Сравните их с полосой пропускания первоклассного радиоприемника и разница между ними Вам станет совершенно ясной.

Вас заинтересовало, почему берутся такие странные цифры для числа строк. Это не случайно и я попутно объясню Вам причину такого выбора. Частота кадровой развертки взята равной принятой у нас частоте промышленного переменного тока. Это позволяет избавиться от целого ряда помех, которые при другой частоте кадров были бы сильно заметны. При чересстрочной развертке число строк в кадре должно быть обязательно нечетным, так как иначе четные и нечетные строки лягут одна на другую. Действительно, если число строк четное, то половина числа строк будет целым числом и луч, закончив первый полукадр в конце строки, обязательно вернется на прежнее место, так как первый и второй полукадры ничем не будут отличаться. Если же общее число строк нечетное, то половина строк будет равна целому числу плюс половина строки ($171^1/_2$, $220^1/_2$ и т. д.), и луч, оборвав первый полукадр на половине строки, неизбежно, по возвращении, окажется между строками, что и нужно для получения чересстрочной развертки. Число и положение строчных синхронизирующих импульсов относительно кадровых импульсов должно быть строго фиксировано и постоянно. Для обеспечения этого строчные импульсы получаются путем последовательного деления частоты кадров. Делается это следующим образом. Из колебаний основной частоты 50 *гц*, из которых создаются импульсы кадровой синхронизации, выделяется какая-либо гармоника, например 5-я, 7-я, 9-я, и этой гармоникой синхронизируется другой генератор, частота которого в результате этой синхронизации будет в 5, 7, 9 раз больше, чем 50 *гц*. Из колебаний этого второго генератора опять выделяется гармоника, которой синхронизируется следующий генератор, и так до тех пор, пока не будет получена нужная частота, равная требуемому числу строк. Так, при 343 строках выделяется 3 раза 7-я гармоника и частота третьего генератора будет в $7 \times 7 \times 7 = 343$ раза больше, чем 50 *гц*. При 441 строке выделяется 2 раза 7-я гармоника и 2 раза 3-я, и частота строк будет $7 \times 7 \times 3 \times 3 = 441$, в 441 раз выше частоты кадров. В Англии в настоящее время число строк разложения равно 405, в США—525. В Советском Союзе стандартом установлено разложение на

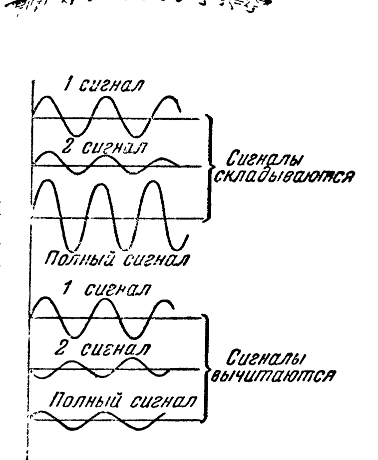
625 строк. Вы уже знаете, что чем больше строк, тем выше качество изображения. Следовательно, стандарт телевизионного вещания Советского Союза является самым совершенным.

Вернемся к полосе частот и выясним, на каких волнах можно вести телевизионную передачу. Как известно, несущая частота должна быть, по крайней мере, в 10—15 раз выше наибольшей частоты модуляции. Это значит, что изображение с разложением на 343 строки можно передать на несущей частоте не ниже 15—20 *мгги* (20—15 *м*), а с разложением на 625 строк — не ниже 50 *мгги* (6 *м*). Следовательно, с этой точки зрения, если при 343 строках и можно еще было бы воспользоваться верхней границей коротких волн, то при 625 строках пригодны только ультракороткие волны. Но оказывается, что если даже с точки зрения полосы пропускаемых частот и можно было бы применить короткие волны, другие причины заставили бы от них отказаться.

Вы, как старый радиолюбитель, конечно знакомы с явлением периодического з а м и р а н и я приема дальних коротковолновых станций (так называемый «фединг»). Причина этих замираний станет понятной, если посмотреть, как эти волны доходят до приемной антенны. Излученное антенной коротковолновой станции электромагнитное поле можно разделить на две части. Одна из них распространяется вдоль земной поверхности и довольно быстро затухает. Эту часть энергии называют з е м н о й или п о в е р х н о с т н о й волной или земным или поверхностным лучом. Прием поверхностной волны ограничивается радиусом 40—60 *км*. Вторая часть энергии уходит в пространство и ее называют н е б е с н о й или п р о с т р а н с т в е н н о й волной или небесным или пространственным лучом. Вблизи от станции прием этой части энергии КВ передатчика невозможен. На высоте порядка 100 *км* пространственный луч встречает проводящий (ионизированный) слой, состоящий из заряженных частиц газов, составляющих воздушную оболочку на этой высоте, и, отражаясь от этого слоя, вновь возвращается к земле. Дойдя до земной поверхности и отразившись от нее, луч снова доходит до проводящего слоя, вновь возвращается к земле (фиг. 61) и т. д., пока в результате этих многократных отражений совершенно не затухнет. Благодаря этому к приемной антенне могут прийти два сигнала одной и той же станции, но по разным путям (фиг. 62). В зависимости от пройденных путей эти сигналы в приемнике могут складываться или вычитаться. Так как высота и отражающая способность слоя не-



Фиг. 61. Отразившись от проводящего слоя, луч возвратится к земле.



Фиг. 62. В приемник могут прийти два сигнала.

прерывно меняются, то меняются и пройденные сигналами пути, а следовательно, меняется и принятый антенной общий сигнал. Наше ухо воспринимает такое изменение сигнала лишь как изменение слышимости приема. А что было бы, если бы пришли два таких телевизионных сигнала? Один сигнал отразился один раз, прошел какой-то путь и попал на приемный экран. Второй отразился два раза, прошел более долгий путь и поэтому попал на приемный экран позже и, следовательно, на другое место. В результате на экране будет две одинаковых картинки, сдвинутых одна относительно другой (фиг. 63). При изменении высоты и плотности слоя пути, пройденные этими сигналами, меняются и принятые изображения будут смещаться одно относительно другого. Едва ли при этих условиях можно будет что-нибудь рассмотреть. Волны различной длины отражаются по-разному, а волны короче 10 *м* не отражаются совсем, пробивают слой и обратно не возвращаются. При передаче на этих волнах не может получиться многосигнального приема, так как прием будет происходить только земным лучом. Второй сигнал на приемнике может появиться только в случае, например, отражения от каких-либо местных предметов. Необходимость применения неотражающихся волн ограничивает радиус действия телевизионной станции пределом существования земного луча, т. е. 40—60 *км*.

Вернемся к радиотракту.

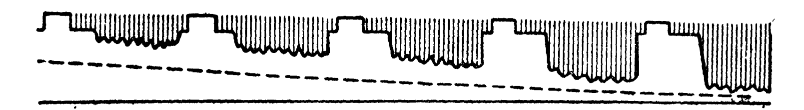


Фиг. 63. На экране будет две одинаковых картинки, сдвинутых одна относительно другой.

Чтобы окончательно установить требования к этой части приемника, нужно учесть, что кроме сигнала изображения нужно одновременно принять и сопровождающий его звук. Принципиально звуковое сопровождение телевизионной передачи может быть передано на любых волнах, в том числе и на средних или длинных. Однако, система передачи становится более простой и качество звука — значительно лучшим при использовании для звукового сопровождения волн того же диапазона. Обычно несущая частота звукового сопровождения располагается на наивозможно близком расстоянии от несущей частоты сигналов изображения со стороны передаваемой боковой полосы. Так, например, при 343 строках расстояние между несущими частотами было взято 2,25 *мггц*, при 625 строках — 7 *мггц*. Такое расположение несущих частот позволяет сделать входную часть приемного устройства, а также его гетеродин и смеситель общими для обоих сигналов и разделять эти сигналы уже в канале промежуточной частоты.

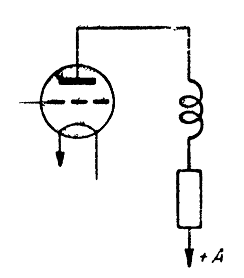
Рассмотрим весь тракт по частям, начиная с выхода.

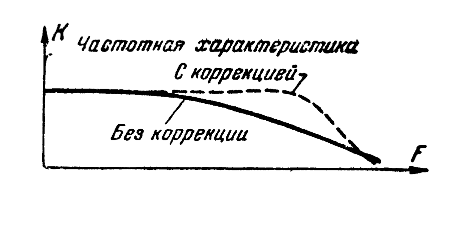
Схема выходного усилителя зависит от того, каким способом передается «постоянная составляющая». Это тоже нечто новое, чего нет в обычном радиовещании. Представьте себе, что идет телепередача кинокартины, где по развитию сюжета герои наблюдают восход солнца. Утренняя мгла по-



Фиг. 64. В общий сигнал оказалась замешанной медленно меняющаяся составляющая.

степенно тает, становится все светлее и светлее, и наконец, все заливается первыми лучами яркого весеннего солнца... Посмотрим на эту поэтическую картину с точки зрения телевизионного сигнала. В начале общий фон был темным и сигнал от действующих лиц и окружающих предметов накладывался на средний сигнал от этого фона. Постепенно изображение светлеет и вместе с этим, при неизменном сигнале от самой картинки, меняется средний сигнал от фона и, когда станет совсем светло, сигнал от среднего фона сделается заметно другим, чем был в начале рассматриваемой сцены. В общем сигнале оказалась замешанной, кроме сигнала от самого содержания картинки, еще некоторая медленно меняющаяся составляющая (фиг. 64), характеризующая средний фон передаваемого изображения. Эту составляющую, называемую постоянной составляющей, также нужно передать и принять. Поэтому выходной усилитель (часто называемый видеоусилителем) должен быть усилителем постоянного тока, т. е. на всем пути от выхода второго детектора до модулятора трубки в нем не должно быть переходных емкостей. Такой усилитель легко сделать только однокаскадным, так как при многокаскадном усилении для каждого каскада нужно иметь отдельный источник питания. В качестве выходного усилителя пригодна только схема усиления на сопротивлениях, так как никакая другая схема не в состоянии обеспечить равномерное усиление такой широкой полосы частот. Обычно в схему усилителя добавляются корректирующие элементы, позволяющие улучшить форму его характеристики. Простейший способ коррекции состоит в последовательном включении с анодной нагрузкой катушки индуктивности (фиг. 65). Эта индуктивность увеличивает результирующую анодную нагрузку на высоких частотах и, до известного предела, компенсирует увеличивающееся с частотой шунтирующее действие емкостей лампы и монтажа. В другой из схем, где индуктивность включена в провод, идущий к модулятору, используется явление резонанса между этой индуктивностью и емкостями схемы. Применяется и



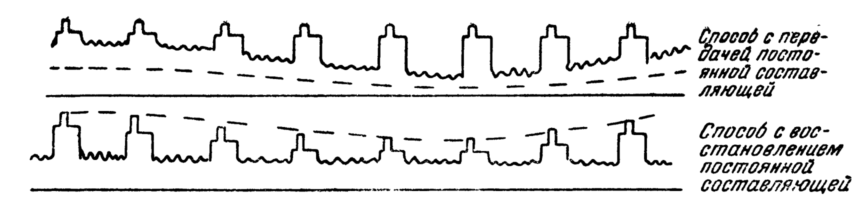


Фиг. 65. Простая схема коррекции.

ряд других простых и более сложных схем, но все они имеют одно назначение — поднять усиление на высоких частотах и тем скорректировать форму частотной характеристики.

Перейдем к детектору. В радиотехнике, как Вы знаете, находят применение три способа детектирования: диодное, анодное и сеточное. Два первых применяются и в телевидении. Сеточное детектирование при такой широкой полосе применить нельзя. При анодном детектировании детектор должен быть одновременно и выходным каскадом, так как если после него включить еще один усилительный каскад, то между ними нужно или ставить переходную емкость, или питать их от разных выпрямителей.

Чаще всего применяется диодный детектор, имеющий по сравнению с анодным детектором одно большое преимущество. Чтобы оценить это преимущество, выясним основное различие между радио и телевизионным детектором. Промежуточная частота в радиоприемнике обычно в 45—55 раз больше наибольшей низкой частоты и разделение их после детектора не составляет никакого труда. В телевидении наибольшая «низкая» частота равна 3—5 *мггц,* а промежуточная частота составляет 10—15 *мггц,* т. е всего лишь в 3 раза выше. Применить более высокую частоту в канале промежуточной частоты нельзя потому, что тогда она мало будет отличаться от частоты сигнала. Это значит, что после детектора нужно разделить две частоты, из которых одна всего лишь в 3 раза больше другой. Вы знаете, что при двухполупериодном выпрямлении легче получить хорошую фильтрацию, чем при однополупериодном, так как частота пульсации в нем в 2 раза выше. То же самое мы получим, если применим двухполупериодный детектор вместо обычного однополупериодного детектирования. Здесь мы тоже в 2 раза увеличим частоту пульсации и повысим отношение разделяемых частот с 3 до 6.



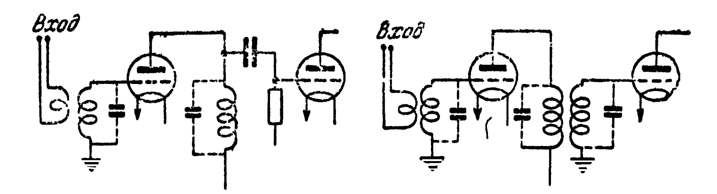
Фиг. 66. Способы передачи постоянной составляющей.

Вы говорите, что в схемах довоенных телевизионных приемников и даже в последних американских схемах применялось и применяется по нескольку каскадов в выходном усилителе, и Вас интересует судьба постоянной составляющей. Дело в том, что постоянную составляющую можно передать и другим, искусственным, путем. Предположим, что эта составляющая отфильтрована из общего сигнала и вместо нее меняется величина кадрового бланк-сигнала. Тогда усилитель может иметь переходные емкости и состоять из нескольких каскадов. На выходе же усилителя ставится детектор, который выпрямляет эти бланк-сигналы, и подавая полученное от них среднее напряжение на модулятор трубки, меняет среднюю яркость экрана (фиг. 66). При таком способе вводятся две дополнительные операции: превращение постоянной составляющей в пропорциональное изменение бланк-сигнала в передатчике и обратное преобразование в приемнике. Подобный способ, называемый «способом с восстановлением постоянной составляющей» (рассмотренный же выше способ называется «способом с передачей постоянной составляющей»), имел смысл и был даже неизбежен до тех пор, пока в нашем распоряжении не было ламп с большой крутизной и, не имея возможности получить достаточное усиление до второго детектора, приходилось восполнять его в выходном усилителе. В настоящее время получение необходимого усиления, даже при увеличившихся полосах пропускания, перестало быть проблемой и нет необходимости в применении для пропускания постоянной составляющей каких-либо искусственных средств.

Какое же усиление нужно получить в радиотелевизионном тракте? Запирающее напряжение у современных телевизионно-приемных трубок лежит в пределах 30—90 *в*. При переводе на синусоидальный сигнал это составляет 10—30 *в* эффективного напряжения. Такое напряжение должно быть получено на анодной нагрузке выходного усилителя. Поделив

эти цифры на чувствительность приемника, мы найдем необходимое усиление.

Кстати, Вы достаточно хорошо представляете себе, что такое чувствительность приемного устройства? Это наименьшее напряжение сигнала на входе приемника, при котором напряжение на выходе имеет достаточную величину. Предположим, что в приемнике при сигнале на входе, равном 100 *мкв,* получается изображение с нормальной контрастностью. Значит, чувствительность приемника 100 *мкв*. Я в 2 раза увеличиваю усиление по промежуточной частоте. Можно ли сказать, что теперь чувствительность стала вдвое выше, т. е. что теперь такую же по качеству картинку я получу при 50 *мкв* на входе? Нет, не значит, и вот почему. Кроме полезного сигнала на выходе приемника всегда имеются два сорта сигналов, оказывающих вредное влияние: это так называемые внешние помехи и внутренние шумы. Вы знаете, что источниками внешних помех являются всевозможные искровые разряды, которых в городских условиях всегда имеется достаточное количество. Пусть средний уровень внешних помех равен 10 *мкв*. Если чувствительность приемника 100 *мкв*, т. е. на его вход нужно подать 100 *мкв*, чтобы получить на выходе 10—20 *в* напряжения сигнала, то от 10 *мкв* помех мы получим на выходе 1—2 *в* и они мало скажутся на принятой картинке. Увеличив в 2 раза усиление по промежуточной частоте, мы получим нужные нам 10—20 *в* напряжения сигнала и в таком месте, где полезный сигнал равен 50 *мкв*, но при этом и шумы усилятся в 2 раза, на выходе они дадут 2—4 *в* и заметно испортят картинку. Отсюда нетрудно понять, что повышение усиления означает повышение чувствительности только до тех пор, пока необходимый полезный сигнал в определенное число раз больше среднего сигнала от помех. Второе ограничение на чувствительность приемника накладывают внутренние шумы, причина возникновения которых кроется в самих элементах, составляющих схему приемника, и происходящих в них электрических процессах. Учет перечисленных выше причин приводит к заключению, что предельная чувствительность современного телевизионного приемника не нужна больше 100—200 *мкв*. Это значит, что усиление, которое должен обеспечить радиотракт, должно быть 100 000—200 000 и увеличивать его сверх этих цифр не имеет смысла, по крайней мере до тех пор, пока мы не найдем новые средства для уменьшения собственных шумов и средства более надежной защиты от внешних помех.

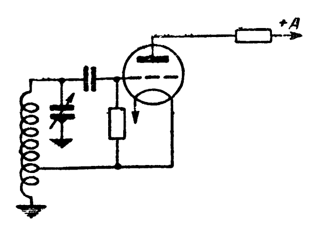


Фиг. 67. В анодной цепи УВЧ может быть включен как одиночный контур, так и полосовой фильтр.

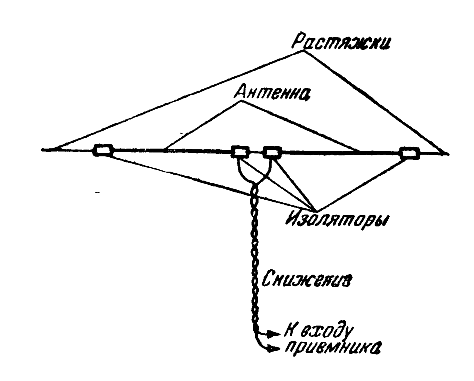
Вернемся к схеме приемника. По сравнению с широковещательным приемником телевизионный радиоприемник имеет то преимущество, что в нем отсутствует необходимость в плавной настройке. При однопрограммном телевизионном вещании это просто приемник с постоянной настройкой. При двухпрограммном вещании приемник должен иметь две фиксированные настройки. Требуется ли усиление на высокой частоте? При наличии только одной телевизионной станции необходимое усиление всегда можно получить в канале промежуточной частоты и усиление на частоте сигнала требуется лишь в тех случаях, когда нужно повысить чувствительность приемника, например для приема на больших расстояниях. При двухпрограммном же вещании усиление на высокой частоте совершенно необходимо, так как ширина телевизионной полосы частот исключает возможность отстройки от второй станции с помощью УПЧ и основная избирательность может быть обеспечена только на частоте сигнала.

В анодную цепь УВЧ может быть включен как одиночный резонасный контур, так и полосовой фильтр (фиг. 67). В первом случае проще настройка, второй же дает большее усиление и лучшую избирательность при многопрограммных передачах.

В качестве гетеродина и смесителя могут быть использованы те же схемы, что и в радиоприемниках. Более часто применяется отдельный гетеродин, собранный по трехточечной схеме (фиг. 68), конструктивно более простой и удобный. Стабильность колебаний гетеродина имеет большее значение в связи с тем, что полоса пропускания канала промежуточной частоты звукового сопровождения мала по сравнению с частотой гетеродина и при небольшом отклонении последней от своего нормального значения звук пропадает. Действительно, частота гетеродина равна 65—70 *мггц*, а полоса пропускания усилителя промежуточной частоты звукового сопро-



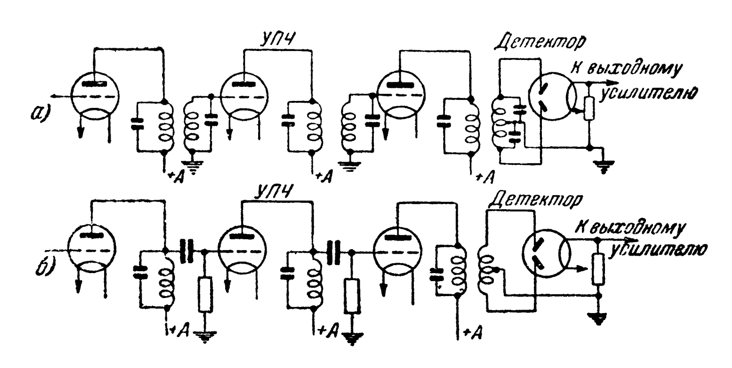
Фиг. 68. Наиболее часто применяется трехточечная схема.



Фиг. 69. Простейшая антенна для приема телевизионных сигналов.

вождения составляет всего 100—200 *кгц*. Достаточно частоте гетеродина измениться на 0,1% (65—70 *кгц*), как сигнал звукового сопровождения почти полностью выходит из полосы усилителя. Одной из основных причин изменения частоты гетеродина является колебание напряжения накала из-за непостоянства напряжения питающей сети. Как на способ борьбы с этим явлением можно указать на небольшой перекал лампы гетеродина (5—10%), так как при повышении напряжения накала частота гетеродина почти не меняется, в то время как она резко отзывается на уменьшение напряжения накала ниже нормального. Частота гетеродина берется выше несущих частот изображения и звука, что позволяет сделать промежуточную частоту звукового сопровождения ниже промежуточной частоты сигналов изображения. Вы помните, что несущая частота звукового сопровождения жестко связана с несущей частотой сигнала картинки, что позволяет иметь в приемнике, несмотря на необходимость приема двух сигналов, одно входное устройство и один гетеродин и смеситель (это особенно важно потому, что при двух гетеродинах всегда имелись бы взаимные помехи). Поэтому полоса пропускания высокочастотного тракта определяется разносом между несущими частотами сигналов звука и картинки и при 625 строках должна быть равна примерно 7 *мггц*. Со стороны звукового сигнала полоса отсчитывается обычно на уровне 30—40%.

Антенна и вход приемника являются, по существу, одним из наиболее сложных мест. Вы знаете, что любая антенна принимает сигналы разных частот по-разному. В радиоприемнике это не имеет большого значения, так как изменение



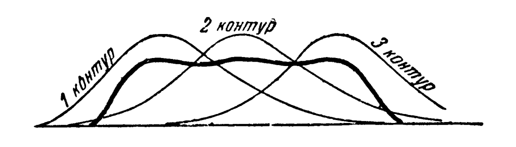
Фиг. 70. Усилитель ПЧ может быть выполнен как на полосовых фильтрах, так и на одиночных контурах.

величины сигнала при переходе с одной станции на другую корректируется автоматической и ручной регулировкой усиления, а неравномерность приема в пределах полосы ничтожна. При телевизионном же приеме надо равномерно принять такую полосу частот, в которой свободно разместились бы 150—500 широковещательных станций. Поэтому качество антенны и ее согласование со входом играют громадную роль. Задача постройки такой широкополосной антенны является далеко не легкой и поэтому в телелюбительской практике пока придется мириться с тем, что вход приемника будет требовать подстройки под антенну. Простейшая телевизионная антенна представляет собой два изолированных друг от друга, мягких или жестких горизонтальных провода, длина которых берется равной четверти длины волны телевизионной станции (фиг. 69). Провода снижения скручиваются вместе и подаются на вход приемника.

Усилитель промежуточной частоты может быть выполнен как на полосовых фильтрах (фиг. 70,*а*), так и на одиночных расстроенных резонансных контурах (фиг. 70,*б*). Чаще всего применяются расстроенные контуры, так как настройка полосовых фильтров на такую полосу сложна и под силу только специалистам, располагающим необходимой аппаратурой. Контуры настраиваются на разные частоты с таким расчетом, чтобы результирующая полоса пропускания имела нужную величину (фиг. 71). Настройка контуров, как правило, производится индуктивностью.

Разделение сигналов звука и картинки можно произвести в любом каскаде усилителя промежуточной частоты, но

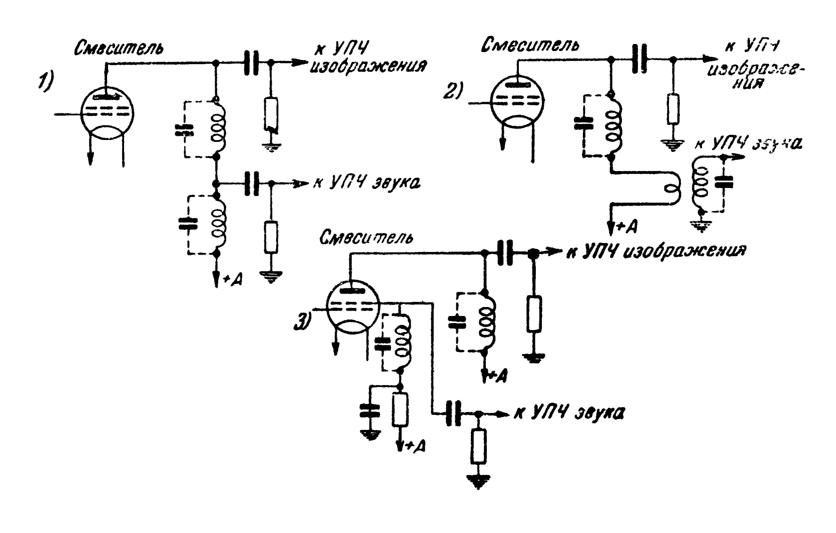
удобнее разделять в цепи смесителя, так как при этом уменьшается вероятность попадания звукового сигнала на модулятор приемной трубки. Существует целый ряд способов разделения, дающих одинаково хорошие результаты, и выбор их



Фиг. 71. Контуры настраиваются на разные частоты так, чтобы результирующая полоса имела нужную величину.

чаще всего является делом вкуса. Показанные на **фиг. 72** три такие схемы едва ли требуют подробных пояснений. В первой (фиг. 72,*1*) звуковой сигнал снимается с настроенного на этот сигнал контура, включенного последовательно с основным контуром смесителя. Во второй схеме (фиг. 72,*2*) звуковой сигнал подается на сетку первого каскада УПЧ звука с помощью небольшой обмотки связи, в третьей (фиг. 72,*3*) — звуковой контур включен в экранную сетку смесителя. Возможен еще целый ряд других вариантов.

Я Вам говорил, что для уменьшения необходимой полосы пропускания входного тракта несущие частоты картинки и сопровождающего ее звука расположены предельно близко. Это заставляет принимать специальные меры против попада-

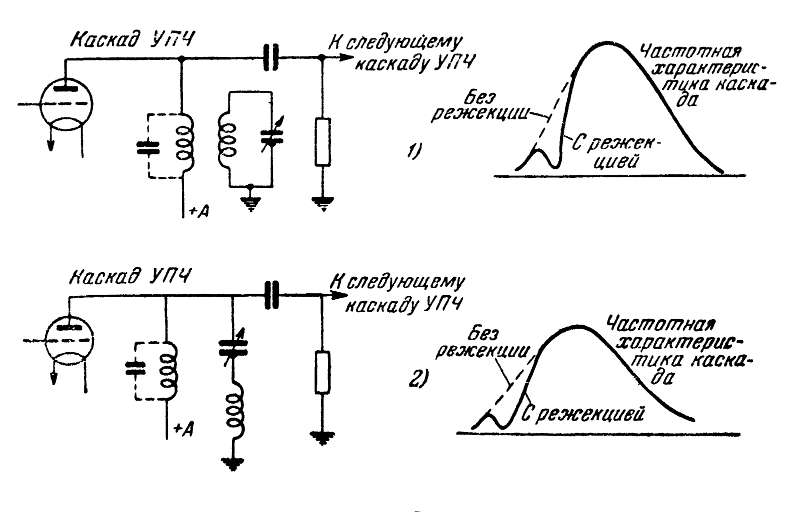


Фиг. 72.

ния звукового сигнала в канал изображения. Для этой цели в канале УПЧ сигналов изображения включаются специальные, так называемые отсасывающие контуры, настроенные на промежуточную частоту звука. Существует целый ряд способов включения этих контуров и я нарисую Вам два из них (фиг. 73). При первом способе (фиг. 73,*1*) отсасывающий контур индуктивно связан с одним из контуров усилителя промежуточной частоты канала картинки. На своей резонансной частоте, равной промежуточной частоте звукового сопровождения, этот отсасывающий контур вносит в связанный с ним контур УПЧ изображения большое затухание и тем вызывает уменьшение сигналов этой частоты. На других частотах влияние отсасывающего контура почти не ощущается. При втором способе (фиг. 73,*2*) последовательный резонансный контур включен параллельно одному из контуров. На своей резонансной частоте контур имеет очень маленькое сопротивление и для этой частоты почти накоротко замыкает выход связанного с ним каскада. В усилителе промежуточной частоты звукового сопровождения никакого отсасывания не требуется, так как узкая полоса вполне гарантирует чистую отстройку.

Остается рассмотреть канал звукового сопровождения.

Для улучшения качества звука, сопровождающего передаваемое изображение, применяется частотная модуляция. Все элементы канала звукового сопровождения—УПЧ, огра-



Фиг. 73.

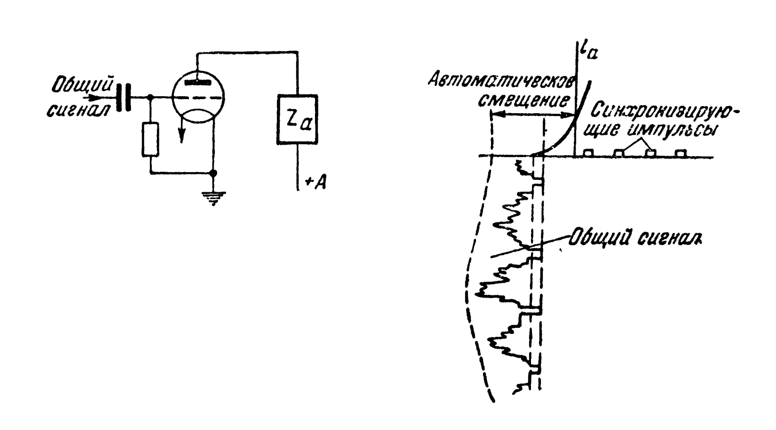
ничитель, частотный детектор и усилитель низкой частоты — ничем не отличаются от тех же элементов обычного ЧМ приемника, кроме несколько повышенной промежуточной частоты.

БЕСЕДА ДЕВЯТАЯ

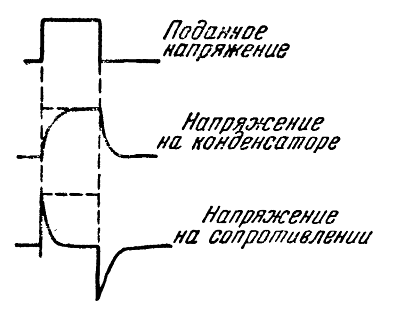
КАК ОТДЕЛЯЮТСЯ И РАЗДЕЛЯЮТСЯ СИГНАЛЫ СИНХРОНИЗАЦИИ

В свое время я обошел молчанием вопрос об отделении сигналов синхронизации от общего сигнала и о разделении их между собой.

Так как по величине синхронизирующие сигналы всегда больше самого большого сигнала картинки, то достаточно подать общий сигнал после детектора, например на анод диода, в катод которого включено положительное напряжение, запирающее диод для всех сигналов, меньших сигналов синхронизации, чтобы через диод проходили только эти сигналы. Но такая схема требует, чтобы сигнал на диоде имел строго постоянную величину, так как иначе либо пройдут кроме сигналов синхронизации и большие сигналы картинки, либо диод окажется запертым для всех сигналов, включая и сигналы синхронизации. Лучшие результаты дает схема с автоматическим смещением, меняющимся пропорционально общему сигналу (фиг. 74). В этой схеме сигнал заряжает



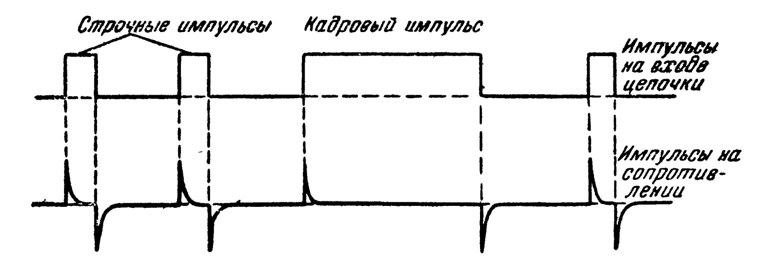
Фиг. 74. Рабочая точка меняется с изменением сигнала.



Фиг. 75. На сопротивлении появятся два пика напряжения.

конденсатор в цепи сетки и сдвигает рабочую точку так, что лампа отпирается только сигналами синхронизации.

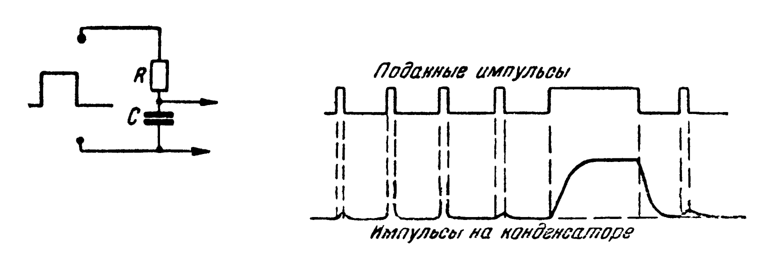
Схему, отделяющую импульсы синхронизации от общего сигнала, называют амплитудным селектором. После отделения сигналов синхронизации нужно их разделить, т. е. нужен частотный селектор или селектор по длительности. В простейших разделительных схемах используют комбинации из емкости и сопротивления. Будем считать, что отделенный синхронизирующий импульс имеет строго прямоугольную форму, и подадим его на цепочку, состоящую из последовательно соединенных емкости и сопротивления. Пусть емкость и сопротивление невелики. При подаче импульса через сопротивление пройдет быстро убывающий ток. По окончании импульса заряд, накопленный на конденсаторе, также быстро стечет через сопротивление. В результате на сопротивлении от действия импульса окажется два пика напряжения (фиг. 75): положительный от зарядного тока и отрицательный от тока разряда, проходящего в противоположном направлении. На конденсаторе же мы получим напряжение, по форме близкое к приложенному импульсу и отличающееся от него на величину падения напряжения на сопротивлении. Форма пиков не будет зависеть от продолжительности импульсов и короткий строчный и продолжительный кадровый импульсы дадут одинаковые пики (лишь с разными расстояниями между положительным и отрицательным пиком), если величины параметров цепочки выбраны применительно к строчным импульсам (фиг. 76). Положительные пики могут быть поданы на генератор строчной развертки и укажут ему момент смены строк. Увеличим теперь элементы цепочки и будем снимать напряжение с конденсатора (фиг. 77). При больших величинах емкости и сопротивления конденсатор будет заряжаться медленно и короткий строчной импульс не успеет создать на нем сколько-нибудь заметного напряжения. Кадровый же импульс, действующий значительно более длительное время, чем строчный, зарядит конденсатор до своей величины и создаст на нем напряжение, мало отличающееся от приложенного кадрового импульса. Таким образом, на конденсаторе



Фиг. 76. Короткие строчные и продолжительные кадровые импульсы дадут одинаковые пики.

окажутся только кадровые синхронизирующие импульсы, которые могут быть поданы на соответствующий генератор. Эти простейшие схемы прекрасно справляются со своей ролью до тех пор, пока мы не применяем чересстрочной развертки. Последняя предъявляет более жесткие требования к синхронизирующим сигналам и приводит к усложнению схемы частотного селектора.

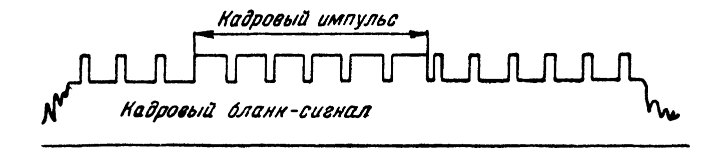
Что же нового появляется при чересстрочной развертке по сравнению с обычной последовательной разверткой? Прежде всего меняется сама форма синхронизирующего сигнала. Вы помните, что при чересстрочной развертке луч сначала прочерчивает нечетные строки, затем возвращается обратно и чертит четные строки в промежутках между нечетными. Назовем синхронизирующие импульсы, отмечающие моменты начала полукадров, первым полукадровым и вторым полукадровым импульсом соответственно. Помните, я говорил, что для того, чтобы строки второго полукадра легли между строками первого, общее число строк в кадре берется нечетным. Тогда Вы, кажется, не совсем поняли цель такого выбора, и я попытаюсь более подробно рассказать об этом сейчас. А понять это нетрудно. Действительно, предположим,



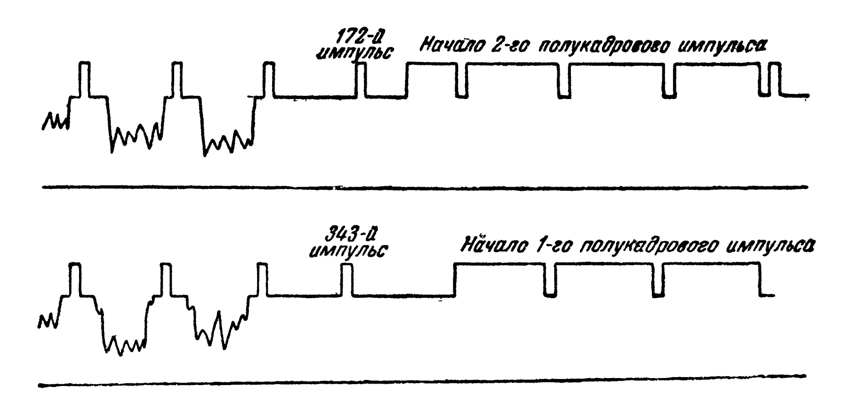
Фиг. 77. На конденсаторе окажутся только кадровые импульсы.

что за полукадр укладывается целое число строк. Тогда такой полукадр ничем не будет отличаться от обычного кадра с вдвое меньшим число строк и первая строка второго полукадра ляжет на то же место, где была положена первая строка первого полукадра. Пусть теперь к первому полукадру добавится еще половина строки. Из-за этого луч задержится внизу на время, равное половине длительности этой половины строки, и опоздает на это время с возвращением наверх. Если бы луч не задержался на полстроки внизу, он попал бы на то место, где началась первая строка. Если бы луч задержался внизу на целую строку, то на столько же он опоздал бы и наверх и попал бы на то место, где началась вторая строка. Но он опоздал только на полстроки и неизбежно попадет ниже начала первой и выше начала второй и именно по середине между ними.

Вернемся к синхронизирующим импульсам. Строчный генератор нами поддерживается в состоянии точной синхронизации только во время прямого хода кадровой развертки. При обратном же ходе этот генератор предоставлен самому себе, так как во время действия кадрового синхронизирующего импульса импульсов строчной синхронизации нет. Ясно, что никакого согласования момента окончания первого полукадра с движением луча по строке обеспечить нельзя и первое, что нужно сделать, это все время держать генератор строчной развертки в строгом повиновении, т. е. подавать строчные импульсы непрерывно, в том числе и во время действия кадрового импульса. Для этой цели кадровый синхронизирующий импульс делается не сплошным, а прорезается через каждую строку (фиг. 78). На бланк-сигнал, до и после кадрового импульса, также помещаются строчные импульсы Подав эти импульсы на строчную разделительную цепочку, мы получим короткие положительные пики не только от начала каждого строчного импульса, но от кадрового импульса после каждого прореза, и, таким образом, строчный генератор будет все время находиться в строгом подчинении у передатчика.

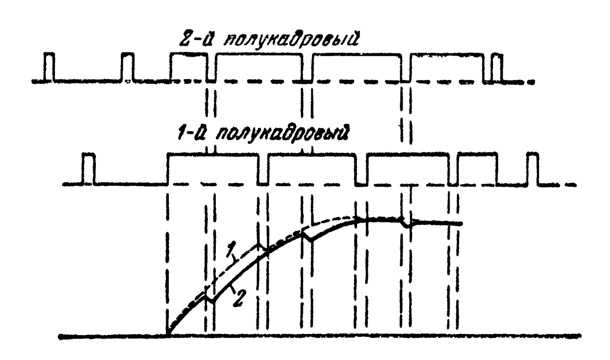


Фиг. 78. Кадровый импульс прорезается через каждую строку.

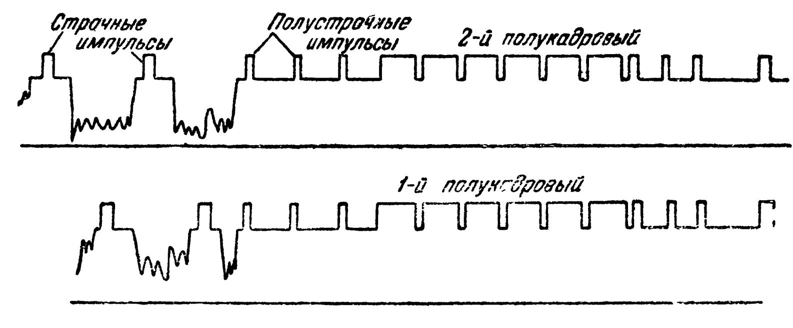


Фиг. 79. Полукадровые импульсы.

Прежде чем посмотреть форму выделенного кадрового импульса, нарисуем полный телевизионный сигнал, например для 343 строк (фиг. 79). Обратите внимание, что расстояние между 171-м строчным импульсом и началом второго полукадрового импульса в 2 раза меньше, чем между 343-м и началом первого полукадрового импульса. Подадим импульсы на кадровую разделительную цепочку. Так как обе группы импульсов отличаются одна от другой, то и выделенные полукадровые импульсы получились несколько различными (фиг. 80). Если обеспечить строгое постоянство этих импульсов по величине, то такое различие не имело бы никакого значения. Но импульс всегда будет в некоторых пределах



Фиг. 80. Выделенные полукадровые импульсы оказались разными.

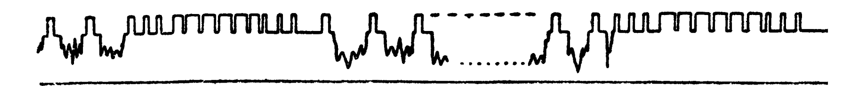


Фиг. 81. Полукадровые импульсы прорезаны через полстроки.

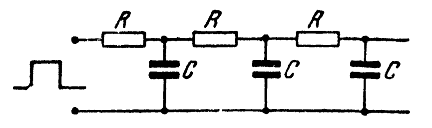
менять свою величину, и оказывается, что при этом будет меняться и момент окончания первого полукадра на средней строке, если импульсы по форме будут различны. Для того, чтобы сделать кадровые импульсы одинаковыми для обоих полукадров, до и после собственно кадрового импульса вводят так называемые «полустрочные» («уравнительные») импульсы и кадровый импульс прорезают не через целую строку, а через полстроки (фиг. 81). После такого усложнения оба полукадровых импульса совершенно одинаковы и останутся одинаковыми и после частотного фильтра.

Хочу Вас успокоить тем, что эта форма сигнала — окончательная и больше ничего к ней добавлять не будем (фиг. 82).

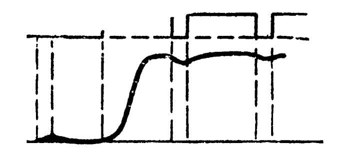
Вы заметили, что для кадровых импульсов мы вместо крутого переднего края получили после разделения пологую форму. Оказывается, что точность синхронизации по кадрам при изменении амплитуды импульса будет тем выше, чем круче этот передний край. Сделать его более крутым мы можем, уменьшив или емкость, или сопротивление, или то и другое вместе и тем самым предоставив конденсатору возможность заряжаться быстрее. Но при этом строчный импульс на выходе кадрового фильтра может вырасти до такой величины, что засинхронизирует кадровый генератор раньше,



Фиг. 82. Окончательная форма полного сигнала.

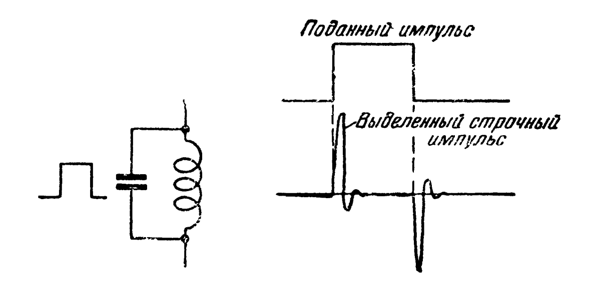


Фиг. 83. Сложный кадровый фильтр.



Фиг. 84. Кадровый импульс имеет крутой фронт и строчный импульс мал.

чем придет кадровый импульс, и тем нарушит порядок синхронизации. Таким образом, с помощью только одной емкости и одного сопротивления нельзя одновременно получить и крутой передний край кадрового импульса и достаточно сильно подавить импульсы строчной синхронизации. Поэтому для выделения кадровых импульсов чаще применяют схему, состоящую из нескольких звеньев, обычно из трех (фиг. 83).



Фиг. 85. Первая полуволна собственных колебаний используется для синхронизации строчного генератора.

В такой схеме приложенным импульсом сначала заряжается первый конденсатор, затем, по мере заряда первого, второй и, по мере заряда второго, — третий. Когда первые два конденсатора полностью зарядятся, третий будет заряжаться так, как будто кроме него никаких других конденсаторов нет. Поэтому сначала напряжение на выходе цепочки растет очень медленно и строчный импульс почти не дает на третьем конденсаторе никакого заряда, а затем напряжение на выходе возрастает быстро, и передний край кадрового импульса получается достаточно крутым (фиг. 84).

Для выделения строчных импульсов часто применяют кроме рассмотренной цепочки колебательный контур с большим затуханием. Если на такой контур подать строчный им-

пульс, то в контуре возникают собственные колебания, первая полуволна которых и используется для синхронизации генератора строк (фиг. 85). Чаще вместо контура берут настроенный трансформатор, который удобнее контура тем, что, меняя концы выходной обмотки, можно менять полярность полученного импульса, а меняя связь между обмотками, можно подобрать необходимую амплитуду импульса.

БЕСЕДА ДЕСЯТАЯ

ПОЛНАЯ СХЕМА ПРИЕМНИКА

Наши беседы подходят к концу и из элементов телевизионного приемника нерассмотренным остался только один выпрямитель. Но он ничем, кроме повышенной мощности, не отличается от выпрямителя для радиоприемника и о нем я не могу ничего сказать такого, что не было бы Вам известно.

Многое еще из того, что встречается в практических схемах, Вам остается непонятным. Я сознательно опускал многие подробности, чтобы не затемнить ими основное содержание рассказа о том или ином элементе телевизионного приемника. Кончая наши беседы, я хочу восполнить этот пробел, но сделать это не в общем виде, а рассмотрев с Вами конкретную схему. Возьмем для этой цели схему телевизионного приемника типа К-12 (фиг. 86, см. вклейку в конце брошюры).

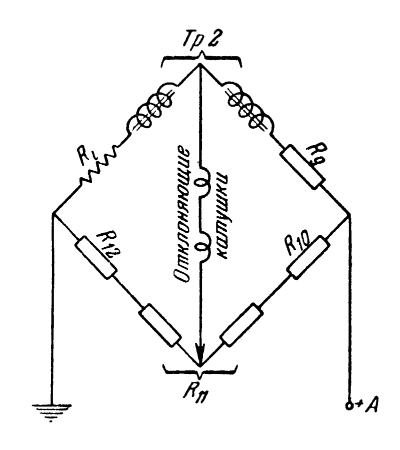
Генератор кадровой развертки

В лампе $Л_1$ Вы, наверное, узнали блокинг-генератор с разрядной лампой. Для этой цели обычно применяется двойной триод типа 6Н8М. Сопротивление R_2 служит для регулировки частоты генератора и вместе с сопротивлением R_1 и емкостью C_1 составляет сеточную цепь блокинг-генератора, определяющую время прямого хода. R_3C_2 — обычная анодная развязка; R_4 вместе с R_5 представляют собой зарядное сопротивление; C_3 — зарядная емкость; R_5 регулирует амплитуду получаемого пилообразного напряжения; R_6 включено для некоторого уменьшения времени обратного хода.

$Л_2$ — выходная лампа, например 6Ф6 в триодном режиме; C_4 — переходная емкость и R_7 — сопротивление утечки. Потенциометр R_8 позволяет регулировать смещение на сетке и тем подобрать наивыгоднейшее положение рабочей точки. Отклоняющие катушки включены в анодную цепь через авто-

трансформатор $Тр_2$, последовательно с которым включено сопротивление $R_э$.

Из всей схемы генератора кадровой развертки нам неизвестна только цепочка из R_{10}, R_{11}, R_{12}, C_5. Назначение ее состоит в следующем. Легко видеть, что при таком включении через отклоняющие катушки, кроме чисто переменного пилообразного тока, пройдет еще и некоторая постоянная составляющая. Поле, созданное этой составляющей, вызовет некоторое постоянное отклонение луча и сдвинет весь растр (напомним, что растром называется сетка светящихся строк) вверх или вниз от центра экрана. Кроме того, растр может оказаться сдвинутым и по какой-либо другой причине, например из-за неточного центрального расположения электродов в трубке или из-за влияния каких-либо посторонних постоянных полей. Рассматриваемая цепь позволяет установить изображение на экране в необходимом положении. Потенциометр R_{11} называется поэтому потенциометром «центровки» или «перемещения по кадру».



Фиг 87. Такая схема называется „мостиком".

Для выяснения работы схемы центровки нарисуем ее в следующем виде (фиг. 87), где R_i — внутреннее сопротивление лампы $Л_2$; остальные детали ясны из обозначений. Такая схема называется «мостиком» и обладает тем свойством, что всегда можно найти такое соотношение между величинами в сторонах полученного четырехугольника (называемых «плечами» мостика), при котором через отклоняющие катушки (включенные, как говорят, «в диагональ» мостика) не будет никакого тока, несмотря на то, что к мостику приложено постоянное напряжение выпрямителя. Если же это соотношение нарушать, то через диагональ пойдет ток в ту или другую сторону в зависимости от того, как меняется сопротивление плеч. В данном случае такое нарушение создается потенциометром R_{11}, одна часть которого включена в одно плечо моста, другая — в другое. Перемещением движка подбираются такие направления и величина тока через диагональ, которые позволяют установить растр в центре экрана. Я не

оговаривал специально, что мы рассматривали работу этой схемы только по постоянному току, считая это само собой понятным. По переменной составляющей никакого мостика нет, так как эта составляющая замыкается через C_5 непосредственно на катод лампы.

Генератор строчной развертки

Лампа $Л_3$ и все ее цепи — тот же генератор пилообразного напряжения, на той же лампе и пояснений не требует. Отличие от рассмотренного кадрового генератора, кроме параметров схемы, заключается в том, что последовательно с зарядной емкостью C_8 включено не постоянное, а переменное и значительно большее по величине сопротивление R_{18}. Это вызвано тем, что лампа работает в режиме запирания во время обратного хода. Цепи C_{10}, R_{20} и C_{11}, R_{21} имеют обычное назначение: первая—автоматическое смещение, вторая—питание экранной сетки. Отклоняющие катушки включены через трансформатор, выходная обмотка которого шунтирована диодом. Положительные импульсы напряжения, возникающие на анодной обмотке во время обратного хода, усиливаются с помощью дополнительной обмотки и после выпрямления лампой $Л_6$ подаются с конденсатора C_{13} на анод кинескопа. Накал этой лампы питается от этого же трансформатора $Тр_4$.

Радиотракт

Сама схема Вам должна быть понятна. В состав ее входят: однокаскадный усилитель высокой частоты, смеситель и отдельный гетеродин, двухкаскадный усилитель промежуточной частоты, двухполупериодный диодный детектор и однокаскадный выходной усилитель. Усилители высокой и промежуточной частоты собраны на одиночных контурах. Выходной усилитель имеет простую анодную коррекцию. Потенциометр R_{46} служит для ручной регулировки усиления путем увеличения смещения ламп $Л_7$ и $Л_9$.

Остановимся несколько на вопросе модуляции трубки и управления средней яркостью свечения экрана. Вы помните, что сигналы синхронизации должны поступать на сетку трубки в отрицательной фазе, чтобы вместе с бланк-сигналом гасить луч на время обратного хода. В схеме К-12 эти сигналы на аноде выходной лампы имеют положительную полярность (на сетку выходной лампы они снимаются с анода

детектора в отрицательной фазе) и поданы на катод трубки. Такая схема выбрана из следующих соображений:

1. Для нормального рассматривания принятого изображения необходимо выбрать рабочую точку на характеристике трубки так, чтобы средняя яркость не была ни слишком большой, ни слишком малой. Это можно сделать несколькими способами. Предположим, что сигнал подается на сетку трубки через переходной конденсатор (постоянная составляющая не проходит). Тогда постоянный потенциал сетки равен нулю и для выбора рабочей точки достаточно подать небольшое постоянное напряжение, например с делителя напряжения, подключенного к источнику питания. Если снять переходной конденсатор и открыть путь постоянной составляющей, то потенциал сетки будет равен потенциалу анода выходного усилителя. Регулировка яркости в этом случае будет осуществляться за счет разности между напряжением на аноде усилителя и напряжением выпрямителя, создаваемым на анодной нагрузке усилителя. Для пропускания широкой полосы эта нагрузка берется равной 1 500—3 000 *ом* и падение напряжения на ней может оказаться недостаточным для получения необходимых пределов регулировки положения рабочей точки на характеристике трубки. При подаче сигнала на катод трубки постоянный потенциал сетки должен быть ниже потенциала катода и для этого в нашем распоряжении имеется много бóльший запас напряжения, чем при подаче сигнала на сетку.

2. Вы помните, что на сетку амплитудного селектора синхронизирующие импульсы нужно подавать в положительной фазе При модуляции трубки на сетку такие импульсы будут получаться на нагрузке детектора. Величина их может оказаться недостаточной и потребуется дополнительное усиление, причем усилитель должен быть двухкаскадным, так как нужно сохранить фазу импульсов. В рассматриваемой схеме импульсы имеют положительную фазу в анодной цепи выходного усилителя, с которого и подаются непосредственно на амплитудный селектор.

Все остальное в рассмотренной схеме Вам должно быть или знакомо из радиолюбительской практики, или понятно из моих рассказов.

* *
*

На этом я заканчиваю свои «беседы о телевидении». В них сделана попытка возможно проще и короче рассказать об основах техники передачи изображения по радио и о

технических средствах и способах, с помощью которых решается эта настолько же сложная, насколько и интересная задача. Нет возможности в коротком рассказе передать больше и подробнее хотя бы потому, что еще очень молодая телевизионная техника развивается настолько быстро, что к концу рассказа его начало может превратиться в историческую справку. Задача моих рассказов — создать у непосвященного радиолюбителя представление об основах техники телевидения и тем помочь ему сделать первый шаг на «пути в телевидение».Поэтому в ряде вопросов приходилось выбирать простоту понимания в ущерб физической или технической точности. Автор часто указывал лишь основные, а иногда и чисто внешние признаки «ориентиров» на «пути в телевидение» и пусть не поставят ему в вину, если при ближайшем рассмотрении найдут в этих «ориентирах» более сложное содержание. За все же замечания, советы и пожелания автор заранее благодарен.

Редактор А. Д. Смирнов *Техред Г. Б. Фомилиант*

Сдано в произв. 31/VII 1948 г. Подписано к печати 14/V 1949 г. Объем 5 п. л. 5 уч.-авт. л. Формат бумаги 84×108[1]/[32]. Тираж 100.000. Первый завод 50.000. Зак. 1218

Типография Госэнергоиздата. Москва, Шлюзовая наб., д. 10.

Параметры некоторых ламп, применяемых в телевидении

Обозначение	Назначение	Накал: Напряжение, *в*	Накал: Ток, *а*	Напряжение на аноде, *в*	Напряжение на экр. сетке, *а*	Напряжение смещения, *в*	Анодный ток, *ма*	Ток экр. сетки, *ма*	Крутизна, *ма/в*	Коэффициент усиления	Внутреннее сопротивление, *ом*	Емкость входная, *мкмкф*	Емкость выходная, *мкмкф*	Емкость анода упр. сетки, *мкмкф*	№ цоколя, *1*
6AB7	Телевизионный пентод	6,3	0,45	300	200	—3	12,5	3,2	5,0	3 500	700 000	8	5	0,015	1
6AC7	Телевизионный пентод	6,3	0,45	300	150	—1,5	10	2,5	9	6 750	1 000 000	11	5	0,015	1
6SJ7	Пентод ВЧ	6,3	0,3	125	125	—3	2,9	0,9	1,65	2 500	700 000	6	7	0,005	1
6SK7	Пентод ВЧ с переменной крутизной	6,3	0,3	100	100	—1	13	4	2,35	1 600	120 000	6	7	0,003	1
6Ж3М, 1853	Телевизионный пентод	6,3	0,45	300	200	—3,0	12,5	3,2	5,0	3 500	700 000	8	5	0,02	2
6Ж2М, 1851	Телевизионный пентод	6,3	0,45	300	150	—1,5	10,0	2,5	9,0		750 000	11,5	5,2	0,02	2
6Ж7, 6J7	Пентод ВЧ	6,3	0,3	250	100	—3	2,0	0,5	1,2	—	1 000 000	7,0	12	0,005	2
6К7	Пентод ВЧ варимю	6,3	0,3	100	100	—1	13	4	2,35	1 200	120 000	7	12	0,003	2
6AK5	УВЧ пентод (миниатюрный)	6,3	0,175	150	140	—2	7	2,2	4,3		420 000	4	28	0,02	3
6AG5	УВЧ нентод (миниатюрный)	6,3	0,3	125	125	—6	7,2	2,1	5,1	—	420 000	6,5	18	0,025	3
9003	Пентод ВЧ	6,3	0,15	100	100	—3	6,5	2,7	1,4		—	—	30	0,01	3
6AG7	Телевизионный нентод видеочастоты	6,3	0,65	300	150	—3	30,0	7,0	11,0	—	130 000	11,0	5,0	0,015	4
6J6	УВЧ двойной триод	6,3	0,45	100	—	50 *ом*	8,5	—	5,3	38	7 100	2,2	0,4	0,6	5
6SA7	Гептод—преобразователь	6,3	0,3	100	100	—2	3,3	8,5	0,425		50 000	9,5	12,2	0,13	6
6SH7	Пентод ВЧ	6,3	0,3	100	100	—1	5,3	2,1	4	—	350 000	8,5	7	0,003	7
6SG7	Пентод ВЧ варимю	6,3	0,3	250	100	—2,0	5,0		4,0	4 000	900 000				7
6SL7, 6H9M	Дройной триод	6,3	0,3	250	—	—2	2,3	—	1,6	70	44 000	2,9	3,0	3,8	8
6SN7, 6H8M	Двойной триод	6,3	0,6	250	—	—8,0	9,0	—	2,6	20	17 700	4,0	4,0	1,2	8
6H7, 6N7	Двойной триод	6,3	0,8	250	—	—5	6	—	3,1	35	11 300			2,4	9
Г-411	Пентод генераторный	10/20	0,6/0,3	250	250	—50	—	—	0,5	—	—	11,0	10,5	0,3	10
EF-147	Телевизионный пентод	6,3	0,47	250	200	-4,5	12	130	7,0		200 000	10,0	8,0	0,01	11
ES-111	Пентод генераторный	6,3		250	250	—			4,0	—	2 000	14,0	10,0		12



Цена 2 р. 65 к.